

**COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DOING BUSINESS Y ANÁLISIS  
ENVOLVENTE DE DATOS, DEA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS  
PRINCIPALES CIUDADES COLOMBIANAS SEGÚN LA FACILIDAD QUE  
OFRECEN PARA HACER NEGOCIOS**

**JULIO ERNESTO CAMARGO BEJARANO**

**JORGE IVÁN QUINTERO SALAZAR**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA Y ESTADÍSTICA**

**PEREIRA, AGOSTO DE 2018**

**COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DOING BUSINESS Y ANÁLISIS  
ENVOLVENTE DE DATOS DEA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS  
PRINCIPALES CIUDADES COLOMBIANAS SEGÚN LA FACILIDAD QUE  
OFRECEN PARA HACER NEGOCIOS**

**JULIO ERNESTO CAMARGO BEJARANO**

**JORGE IVÁN QUINTERO SALAZAR**

Trabajo de Grado para optar al título de:

**Magíster en Investigación Operativa y Estadística**

Director:

**PhD. JOSÉ A. SOTO MEJÍA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA Y ESTADÍSTICA**

**PEREIRA, AGOSTO DE 2018**

## **ACEPTACIÓN**

## **CALIFICACIÓN DE JURADOS**

Firma del Jurado: \_\_\_\_\_ Calificación: \_\_\_\_\_

Firma del Jurado: \_\_\_\_\_ Calificación: \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

**Julio Ernesto Camargo B.**

**A:**

    Mi hija JULIANA la fuente de inspiración de mis sueños y metas.

**Jorge Iván Quintero S.**

**A:**

    SANDRA MARLENY y mis hijos JUAN CAMILO Y MARIANA, fuente inagotable de inspiración y razón primordial de mi proyecto de vida.



## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen al PhD. JOSÉ A. SOTO MEJÍA por la dirección, acompañamiento y motivación constante durante el proceso de desarrollo de este proyecto.

A la señora Marleni Salazar Torres, presidente de la Fundación Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío (Institución Universitaria EAM) por su invaluable apoyo para este logro de mi vida. Jorge Iván Quintero Salazar.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
1. Planteamiento del Problema	18
1.1 Formulación del Problema	18
1.2 Formulación de Objetivos	19
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	19
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	19
1.3 Justificación	20
1.4 Metodología	21
2. Marco Referencial	22
2.1 Estado del Arte	22
2.1.1 <i>Análisis de artículos</i>	22
2.2 Conceptos Teóricos	22
2.2.1 <i>El informe Doing Business</i>	22
2.2.2 <i>Revisión del concepto rango percentil de un dato</i>	23
2.2.3 <i>Análisis envolvente de datos - DEA</i>	25
2.2.3.1 <i>Clasificación de la los modelos DEA</i>	26
2.2.3.2 <i>El concepto de retornos a escala</i>	27
2.2.3.3 <i>Tipos de eficiencia y el concepto de eficiencias de escala</i>	28
2.2.3.4 <i>Eficiencia de mezcla</i>	29
2.2.4 <i>Modelo DEA – CCR input orientado</i>	29
2.2.5 <i>Modelo DEA - BCC input orientado</i>	30
2.2.6 <i>Modelo de supereficiencia</i>	31
2.2.7 <i>Slacks y supereficiencia</i>	34
2.2.8 <i>El índice de productividad de Malmquist</i>	34
2.2.9 <i>Los modelos SBM-Min, CCR and SBM-Max</i>	38
2.2.9.1 <i>El modelo SBM Min</i>	39
2.2.9.1.1 <i>Conjunto de posibilidades de producción</i>	39
2.2.9.1.2 <i>SBM no orientado</i>	40
2.2.9.2 <i>El modelo SBM Max</i>	41
2.2.9.2.1 <i>Distancia y elección del conjunto <math>R_h</math></i>	44
2.2.9.2.2 <i>Coherencia con la medida SBM de Super-eficiencia</i>	44
3. Desarrollo de la Propuesta	45

3.1 Fase 1: Revisión y Análisis de la Metodología Doing Business para la Clasificación de las principales ciudades Colombianas según la Facilidad que ofrecen para hacer negocios	45
3.1.1 Presentación	45
3.1.2 Aspectos que cubre Doing Business en Colombia	45
3.1.3 Enfocado en el sector formal	46
3.1.4 Metodología y datos	46
3.1.4.1 Apertura de un Negocio. ¿Qué se mide?	47
3.1.4.2 Obtención de permisos de construcción. ¿Qué se mide?	47
3.1.4.3 Registro de propiedades. ¿Qué se mide?	47
3.1.4.4 Pago de impuestos. ¿Qué se mide?	48
3.1.5 Análisis de la metodología utilizada para la medición de 23 ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios	48
3.1.5.1 Etapa 1 (estimación del rango percentil para cada uno de los criterios considerados en cada una de las variables a analizar)	48
3.1.5.1.1 Estimación del rango percentil de los criterios considerados para la variable apertura de un negocio	49
3.1.5.1.2 Estimación del rango percentil de los criterios considerados para la variable obtención de permisos de construcción	51
3.1.5.1.3 Estimación del rango percentil de los criterios considerados para la variable registro de propiedades	54
3.1.5.1.4 Estimación del rango percentil de los criterios considerados para la variable pago de impuestos	57
3.1.5.2 Etapa 2 (estimación del percentil para cada variable a analizar)	59
3.1.5.2.1 Estimación del percentil para la variable apertura de un negocio en los años 2010 y 2013	59
3.1.5.2.2 Estimación del percentil para la variable obtención de permisos de construcción en los años 2010 y 2013	62
3.1.5.2.3 Estimación del percentil para la variable registro de propiedades en los años 2010 y 2013	63
3.1.5.2.4 Estimación del percentil para la variable pago de impuestos en los años 2010 y 2013	65
3.1.5.3 Etapa 3 (estimación de la clasificación de las 23 ciudades según cada variable a analizar)	67
3.1.5.3.1 Clasificación de las ciudades colombianas según la variable apertura de un negocio	67
3.1.5.3.2 Clasificación de las ciudades colombianas según la variable obtención de permisos de construcción	68
3.1.5.3.3 Clasificación de las ciudades colombianas según la variable registro de propiedades	69
3.1.5.3.4 Clasificación de las ciudades colombianas según la variable pago de impuestos	69
3.1.5.4 Etapa 4 (clasificación de las 23 ciudades según Doing Business)	70
3.1.5.4.1 Estimación del percentil promedio para cada una de las ciudades consideradas durante los años 2010 y 2013	70
3.1.5.4.2 Clasificación Doing Business de las ciudades colombianas durante los años 2010 y 2013 según las facilidades que ofrecen para hacer negocios	72

3.1.5.4.3 Comparación de la clasificación Doing Business de las ciudades colombianas durante los años 2010 y 2013 según las facilidades que ofrecen para hacer negocios	73
3.1.6 Simulación de la metodología Doing Business para clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios	74
3.1.6.1 Según la variable “apertura de un negocio”	74
3.1.6.2 Según la variable “obtención de permisos de construcción”	75
3.1.6.3 Según la variable “registro de propiedades”	77
3.1.6.4 Según la variable “pago de impuestos”	78
3.2 Fase 2: Clasificación de las principales Ciudades Colombianas según la Facilidad que ofrecen para hacer negocios, mediante Análisis Envolvente de Datos (DEA)	81
3.2.1 Clasificación de las ciudades colombianas mediante modelos DEA (Data Envelopment Analysis)	82
3.2.1.1 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo DEA CCR input orientado	82
3.2.1.2 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR-I	84
3.2.1.3 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holuras DEA Super SBM – I – C	87
3.2.1.4 Comparación de las clasificaciones de las ciudades a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business	88
3.2.1.4.1 Respecto de la clasificación 2010	88
3.2.1.4.2 Respecto de la clasificación 2013	89
3.2.2 Clasificación de las ciudades utilizando modelos DEA BCC-I, Super BCC-I y el Super SBM–I–V input orientados	90
3.2.3 Clasificación de las ciudades colombianas mediante modelos DEA (Data Envelopment Analysis), según cada una de las variables consideradas	91
3.2.3.1 Clasificación con respecto a la variable “apertura de un negocio”	91
3.2.3.1.1 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo DEA CCR input orientado	92
3.2.3.1.2 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR_I	94
3.2.3.1.3 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holuras DEA Super SBM – I – C	96
3.2.3.1.4 Comparativo clasificación de las ciudades a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business	97
3.2.3.2 Clasificación con respecto a la variable “obtención de permisos de construcción”	99
3.2.3.2.1 Clasificación utilizando el modelo DEA CCR input orientado	100
3.2.3.2.2 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR_I	102
3.2.3.2.3 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holuras DEA – Super SBM – I – C	105
3.2.3.2.4 Comparativo clasificación de las ciudades a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business	106
3.2.3.3 Clasificación con respecto a la variable “registro de propiedades”	108
3.2.3.3.1 Clasificación utilizando el modelo DEA CCR input orientado	108
3.2.3.3.2 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR_I	111

3.2.3.3.3 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM – I – C	113
3.2.3.3.4 Comparación de las clasificaciones con el modelo DEA Super SBM–I–C y la metodología Doing Business	113
3.2.3.4 Clasificación con respecto a la variable “pago de impuestos”	115
3.2.3.4.1 Clasificación utilizando el modelo DEA – CCR input orientado	116
3.2.3.4.2 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR_I	118
3.2.3.4.3 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM–I–C	121
3.2.3.4.4 Comparación de la clasificación de las ciudades a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business	122
3.3 Fase 3: Evolución de la Facilidad que ofrecen las principales Ciudades Colombianas para hacer negocios en los periodos 2010 y 2013, según El Índice de Malmquist	125
3.3.1 Evolución de la productividad durante los años 2010 – 2013, según la variable “Apertura de un negocio”	125
3.3.2 Evolución de la productividad durante los años 2010 – 2013, según la variable “Obtención de permisos de construcción”	126
3.3.3 Evolución de la productividad durante los años 2010 – 2013, según la variable “Registro de propiedades”	128
3.3.4 Evolución de la productividad durante los años 2010 – 2013, según la variable “Pago de impuestos”	129
3.3.5 Evolución global de la productividad de las 23 ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios	130
4. Comparación de los resultados obtenidos mediante las metodologías Doing Business y el Análisis Envolvente de Datos, DEA, respecto de la Clasificación de 23 Ciudades Colombianas según las Facilidades que ofrecen para hacer negocios	133
4.1 Una reflexión crítica a la metodología Doing Business (clasificando ciudades)	133
4.1.1 Variables y criterios considerados	133
4.1.2 La metodología Doing Business (análisis de las variables y sus respectivos criterios)	133
4.1.3 Limitantes de la metodología Doing Business (clasificando ciudades)	134
4.2 Los modelos DEA considerados	135
4.2.1 El modelo DEA propuesto para la clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios	136
4.2.1.1 Clasificación DEA de ciudades colombianas 2013, según variable apertura de un negocio	137
4.2.1.2 Clasificación DEA de ciudades colombianas 2013, según variable obtención de permisos de construcción	138
4.2.1.3 Clasificación DEA de ciudades colombianas 2013, según variable registro de propiedades	139
4.2.1.4 Clasificación DEA de ciudades colombianas 2013, según variable pago de impuestos	140

<i>4.2.1.5 Clasificación Global DEA de ciudades colombianas 2013, según las facilidades que ofrecen para hacer negocios</i>	<i>141</i>
<i>4.2.1.6 Comparativo clasificación de ciudades colombianas DEA / Doing Business</i>	<i>143</i>
5. Conclusiones	145
6. Recomendaciones para futuras investigaciones	148
Bibliografía	151

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables y criterios considerados por la metodología Doing Business _____	22
Tabla 2. Cálculo del rango percentil de un conjunto de datos _____	23
Tabla 3. Análisis del rango percentil de un conjunto de datos _____	24
Tabla 4. Otro análisis del rango percentil de un conjunto de datos _____	24
Tabla 5. Clasificación de los modelos considerados en el proyecto _____	26
Tabla 6. Datos y resultados de los modelos CCR, SBM y Super SBM _____	32
Tabla 7. Variables y criterios considerados por la metodología Doing Business _____	47
Tabla 8. Estimación rango percentil para el criterio procedimientos (número) _____	49
Tabla 9. Estimación rango percentil para el criterio Tiempo (días) _____	50
Tabla 10. Estimación rango percentil para el criterio Costo (% ingreso per cápita) _____	50
Tabla 11. Estimación rango percentil para el criterio Procedimientos (número) _____	52
Tabla 12. Estimación rango percentil para el criterio Tiempo (días) _____	52
Tabla 13. Estimación rango percentil para el criterio Costo (% ingreso per cápita) _____	53
Tabla 14. Estimación rango percentil para el criterio Procedimientos (número) _____	54
Tabla 15. Estimación rango percentil para el criterio Tiempo (días) _____	55
Tabla 16. Estimación rango percentil para el criterio Costo (% del valor de la propiedad) _____	56
Tabla 17. Estimación rango percentil para el criterio Pagos (número) _____	57
Tabla 18. Estimación rango percentil para el criterio Tiempo (horas) _____	58
Tabla 19. Estimación rango percentil para el criterio Tasa total de impuestos (% de ganancia) _____	58
Tabla 20. Estimación rango percentil para Variable: Apertura de un negocio 2013 _____	60
Tabla 21. Estimación rango percentil para Variable: Apertura de un negocio 2010 _____	61
Tabla 22. Estimación rango percentil para Variable: Obtención de permisos de construcción 2013 _____	62
Tabla 23. Estimación rango percentil para Variable: Obtención de permisos de construcción 2010 _____	63
Tabla 24. Estimación rango percentil para Variable: Registro de propiedades 2013 _____	64
Tabla 25. Estimación rango percentil para Variable: Registro de propiedades 2010 _____	64
Tabla 26. Estimación rango percentil para Variable: Pago de impuestos 2013 _____	65

Tabla 27. Estimación rango percentil para Variable: Pago de impuestos 2010 _____	66
Tabla 28. Clasificación de ciudades colombianas según variable: Apertura de un negocio	67
Tabla 29. Clasificación de ciudades colombianas según variable: Obtención de permisos de construcción _____	68
Tabla 30. Clasificación de ciudades colombianas según variable: Registro de propiedades	69
Tabla 31. Clasificación de ciudades colombianas según variable: Pago de impuestos____	69
Tabla 32. Estimación percentil promedio Variables Doing Business 2013 _____	70
Tabla 33. Estimación percentil promedio Variables Doing Business 2010 _____	71
Tabla 34. Estimación clasificación de ciudades colombianas según Doing Business 2013 / 2010 _____	72
Tabla 35. Comparación ranking de 23 ciudades Colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, según Informe Doing Business 2010 / 2013 _____	73
Tabla 36. Efecto del criterio procedimientos (número) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	74
Tabla 37. Efecto del criterio Tiempo (días) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	75
Tabla 38. Efecto del criterio Costo (% de ingreso per cápita) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	75
Tabla 39. Efecto del criterio Procedimientos (número) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	76
Tabla 40. Efecto del criterio Tiempo (días) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	76
Tabla 41. Efecto del criterio Costo (% del ingreso per cápita) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	77
Tabla 42. Efecto del criterio Procedimientos (número) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	77
Tabla 43. Efecto del criterio Tiempo (días) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	78
Tabla 44. Efecto del criterio Costo (% del valor de la propiedad) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	78



Tabla 45. Efecto del criterio Pagos (número) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	79
Tabla 46. Efecto del criterio Tasa total de impuestos (% de ganancia) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades _____	79
Tabla 47. Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010, según metodología DEA _____	80
Tabla 48. Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2013, según metodología DEA _____	81
Tabla 49. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR-I _____	82
Tabla 50. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I _____	84
Tabla 51. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I _____	85
Tabla 52. Proyección de inputs para una ciudad supereficiente (Bogotá) _____	86
Tabla 53. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I _____	86
Tabla 54. Proyección de inputs para una ciudad supereficiente (Manizales) _____	87
Tabla 55. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C _____	87
Tabla 56. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business _____	88
Tabla 57. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business _____	89
Tabla 58. Comparativo clasificación 2013 de ciudades según modelos DEA (retornos constantes versus retornos variables) _____	91
Tabla 59. Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010 / 2013, variable apertura de un negocio, según metodología DEA _____	91
Tabla 60. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR – I _____	92
Tabla 61. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I _____	94
Tabla 62. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I _____	95
Tabla 63. Proyección de inputs para ciudades supereficientes _____	95
Tabla 64. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I _____	96
Tabla 65. Proyección de inputs para ciudades supereficientes _____	96
Tabla 66. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C _____	97

Tabla 67. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business_____	97
Tabla 68. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business_____	98
Tabla 69. Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010 / 2013, variable obtención de permisos de construcción, según metodología DEA_____	99
Tabla 70. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR – I_____	100
Tabla 71. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I _____	102
Tabla 72. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I_____	103
Tabla 73. Proyección de inputs para ciudades supereficientes_____	103
Tabla 74. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I_____	104
Tabla 75. Proyección de inputs para ciudades supereficientes_____	104
Tabla 76. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C _____	105
Tabla 77. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business_____	106
Tabla 78. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business_____	107
Tabla 79. Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010 / 2013, variable registro de propiedades, según metodología DEA _____	108
Tabla 80. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR – I_____	108
Tabla 81. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I _____	111
Tabla 82. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I_____	111
Tabla 83. Proyección de inputs para ciudades supereficientes_____	112
Tabla 84. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I_____	112
Tabla 85. Proyección de inputs para ciudades supereficientes_____	112
Tabla 86. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C _____	113
Tabla 87. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business_____	114
Tabla 88. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business_____	115

Tabla 89. Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010 / 2013, variable pago de impuestos, según metodología DEA _____	116
Tabla 90. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR – I _____	116
Tabla 91. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I _____	119
Tabla 92. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I _____	119
Tabla 93. Proyección de inputs para ciudades supereficientes _____	120
Tabla 94. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I _____	120
Tabla 95. Proyección de inputs para ciudades supereficientes _____	120
Tabla 96. Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C _____	121
Tabla 97. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business _____	122
Tabla 98. Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business _____	123
Tabla 99. IPM de las ciudades colombianas según la variable apertura de un negocio ____	125
Tabla 100. IPM de las ciudades colombianas según la variable obtención de permisos de construcción _____	126
Tabla 101. IPM de las ciudades colombianas según la variable registro de propiedades	128
Tabla 102. IPM de las ciudades colombianas según la variable pago de impuestos ____	129
Tabla 103. IPM de las ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios _____	130
Tabla 104. Variables y criterios considerados por la metodología Doing Business ____	133
Tabla 105. Comparativo de las metodologías Doing Business y DEA (clasificando ciudades) _____	134
Tabla 106. Clasificación de ciudades 2013 según variable: Apertura de un negocio ____	137
Tabla 107. Clasificación de ciudades según variable: Obtención permisos de construcción _____	138
Tabla 108. Clasificación de ciudades según variable: Registro de propiedades _____	139
Tabla 109. Clasificación de ciudades según variable: Pago de impuestos _____	140
Tabla 110. Clasificación DEA de ciudades colombianas eficientes 2013 _____	141
Tabla 111. Clasificación DEA de ciudades colombianas eficientes 2013 (continuación)	141
Tabla 112. Clasificación DEA de ciudades colombianas ineficientes 2013 _____	142

Tabla 113. Clasificación DEA de ciudades colombianas ineficientes 2013 (continuación)	142
Tabla 114. Clasificación de ciudades 2010 y 2013, según Modelo DEA Super SBM-I-C / Metodología Doing Business	143
Tabla 115. Tablero de mando 2013 - Proyección de los valores de las entradas según el modelo DEA Super SBM-I-C para ciudades eficientes	146
Tabla 116. Tablero de mando 2013 - Proyección de los valores de las entradas según el modelo DEA Super SBM-I-C para ciudades ineficientes	147
Tabla 117. Nuevos criterios considerados para la clasificación de ciudades según DB17	148
Tabla 118. Clasificación de ciudades colombianas Doing Business 2017	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. ¿Qué son las regulaciones empresariales <i>inteligentes</i> según <i>Doing Business</i> ?	23
Figura 2. Fronteras eficientes obtenidas por modelos DEA CCR (REC) y BCC (REV)	26
Figura 3. Conjunto de posibilidades de producción P, junto con las fronteras eficientes	33
Figura 4. Posibilidades de Producción Conjunto P' y Fronteras (excluyendo DMU E)	33
Figura 5. Proyección radial y presencia de <i>slacks</i> en una DMU	34
Figura 6. Ilustración de una DMU con entrada y salida única.	35
Figura 7: Relación entre modelos SBM-Min, CCR and SBM-Max	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de artículos.....	154
Anexo 2. Variables, criterios e indicadores considerados en la metodología Doing Business Colombia .....	168
Anexo 3. ¿Cómo ha mejorado la facilidad que ofrecen las principales ciudades colombianas para hacer negocios según Doing Business 2010 – 2013? .....	183
Anexo 4. El modelo DEA SBM-Max. Un ejemplo numérico.....	187
Anexo 5. El informe DOING BUSINESS Colombia 2017.....	191
Anexo 6. Salida de resultados para el análisis de ciudades Colombianas, según las facilidades que ofrecen para hacer negocios. Modelo DEA CCR_I .....	199
Anexo 7. Salida de resultados para el análisis de ciudades Colombianas, según las facilidades que ofrecen para hacer negocios. Modelo DEA SUPER CCR_I.....	215

## RESUMEN

Este documento presenta los resultados obtenidos del estudio conducente a analizar y comparar la metodología Doing Business propuesta por el Banco Mundial para establecer la clasificación de 23 ciudades Colombianas, según la facilidad que ofrecen para hacer negocios y el análisis envolvente de datos DEA; una técnica de optimización no paramétrica basada en la programación lineal, que define una frontera eficiente de producción, donde se ubican las ciudades más efectivas a través de la combinación de inputs y outputs.

En primera instancia se explica y analiza la metodología Doing Business para la clasificación de las ciudades de acuerdo con cada una de las cuatro variables consideradas (apertura de un negocio, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades, pago de impuestos) y la obtención del ranking final. Se identifican algunas limitantes de la metodología Doing Business, las cuales puede superar la metodología del análisis envolvente de datos, DEA.

Al considerar varios modelos DEA (CCR-I, BBC – I, Super CCR – I, Super CCR – I, Super SBM-I-C, Super SBM-I-V) se obtiene un ranking de clasificación de las ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios durante los años 2010 y 2013 a partir de las cuatro variables propuestas por el Doing Business. Se observa como la metodología DEA, a pesar de sus diferencias con la metodología Doing Business, coincide en algunas ciudades. El análisis envolvente de datos DEA garantiza que se asignen los mejores pesos a los inputs de acuerdo con la conveniencia de cada ciudad y que su índice de eficiencia sea el mejor posible y el más conveniente.

El análisis envolvente de datos, DEA provee un modelo para estimar la evolución de la eficiencia en el tiempo. El índice de productividad de Malmquist (Modelo Malmquist Radial – I - C) permite estimar y analizar la evolución de la eficiencia de cada una de las 23 ciudades durante los años 2010 y 2013, identificando las ciudades que aumentan su índice de eficiencia y las que no lo hicieron durante el periodo de tiempo estudiado. Al final se propone un método como alternativa para la clasificación de las ciudades según la facilidad que ofrecen para hacer negocios en Colombia, utilizando el modelo DEA de supereficiencia Super SBM-I-C no radial basado en holgura y orientado a las entradas.

## **ABSTRACT**

This document presents the results obtained from the study conducive to analyzing and comparing the methodology Doing Business, proposed by the World Bank to establish the classification of 23 Colombian cities, according to the facility they offer to do business And the DEA (Data Envelopment Analysis); A non-parametric optimization technique based on linear programming, which defines an efficient production frontier, where the most effective cities are located through the combination of inputs and outputs.

In the first instance, we explain and analyze the Doing Business methodology for the classification of cities according to each of the four variables considered (opening a business, obtaining construction permits, registering property, paying for taxes) and obtaining the final ranking. Some limitations of the doing Business methodology are evident, which can overcome the methodology of the Data Envelopment Analysis, DEA.

When considering several DEA models (CCR-I, BBC – I, Super CCR – I, Super CCR – I, Super SBM-I-C, Super SBM-I-V) a classification ranking of Colombian cities is obtained according to the facility they offer to do business during the years 2010 and 2013 from the four variables proposed by Doing Business. It is observed as the DEA methodology, despite its differences with the Doing Business methodology, coincides in some cities. The DEA Data Envelopment Analysis ensures that the best weights are allocated to the inputs according to the convenience of each city and that its efficiency index is the best possible and the most convenient.

The Data Envelopment Analysis, DEA provides a model to estimate the evolution of efficiency over time. The productivity index of Malmquist (model Malmquist Radial-I-C) allows estimating and analyzing the evolution of the efficiency of each of the 23 cities during the years 2010 and 2013, identifying the cities that increase their efficiency index and those that did not do it during the period of time studied. In the end, a method is proposed as an alternative for the classification of the cities according to the facility they offer to do business in Colombia, using the DEA model of non-radial super efficiency Super SBM-I-C based on slack and oriented to inputs.



## INTRODUCCIÓN

El informe Doing Business proporciona una medición objetiva de las normas que regulan la actividad empresarial, su aplicación en 189 economías y ciudades seleccionadas en el ámbito subnacional y regional. Fue lanzado en 2002, con el objetivo de analizar y comparar la normatividad local y nacional que regula las actividades de las pequeñas y medianas empresas. Una premisa fundamental de Doing Business es que la actividad económica requiere buenas regulaciones (mide la forma en la cual las regulaciones gubernamentales fomentan la actividad empresarial o la restringen). En Colombia, proporciona una medición cuantitativa de las regulaciones nacionales, departamentales y municipales sobre apertura de una empresa, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos. Asimismo, el método utilizado por Doing Business Colombia analiza 23 ciudades, en la que el ranking del índice de la *Facilidad para hacer negocios de Colombia* corresponde al promedio de las clasificaciones percentiles de cada ciudad respecto de cuatro variables, asignándose la misma ponderación a cada una.

El análisis envolvente de datos DEA, una técnica de optimización no paramétrica basada en la programación lineal, define una frontera eficiente de producción, en la que se ubican las DMU (para el caso ciudades) más efectivas a través de la combinación de inputs y outputs. La metodología DEA garantiza que se asignen los mejores pesos a los inputs de acuerdo con la conveniencia de cada DMU (ciudad) y que su índice de eficiencia sea el mejor posible y el más conveniente.

De manera que, el objetivo de este documento es presentar la revisión, análisis y comparación de la metodología Doing Business propuesta para la clasificación de 23 ciudades colombianas, según la facilidad que ofrecen para hacer negocios durante los años 2010 y 2013 (estos corresponden con los dos últimos informes liberados por el Banco Mundial), con la clasificación obtenida mediante la evaluación de diferentes modelos del análisis envolvente de datos DEA. También, analiza y avalúa el modelo DEA que mejores resultados ofrece para la clasificación de las ciudades colombianas, según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, además de estimar la evolución de la eficiencia de cada una de las ciudades por medio del modelo DEA (índice de Malmquist) en los periodos establecidos (años 2010 y 2013).

Así pues, el contenido del documento se organiza de tal forma que ofrezca coherencia y desarrolle las fases requeridas para el desarrollo de la investigación:

En el capítulo 1 se plantea el problema y la pregunta de investigación que llevó al desarrollo del estudio, además del planteamiento de los objetivos, su justificación y metodología propuesta. En el capítulo 2 (marco referencial) se desarrolla el estado del arte, haciendo referencia a algunos trabajos relacionados con el propósito de esta investigación, así como el marco conceptual que soporta las teorías y conceptos inherentes aplicados en la misma. En el capítulo 3 se desarrolla la propuesta de investigación respecto de la revisión, análisis, evaluación de la metodología Doing Business; se realiza la evaluación y utilización de diferentes modelos DEA para la clasificación de las ciudades colombianas, estableciendo debilidades y fortalezas, semejanzas y diferencias. Y por último, en el

capítulo 4, se analizan y comparan los resultados obtenidos con las dos metodologías estudiadas para obtener las conclusiones de la investigación y dar recomendaciones para futuras investigaciones sobre el tema estudiado.

## 1. Planteamiento del Problema

La metodología *Doing Business* proporciona una medición de las normas que regulan la actividad empresarial, y su aplicación en 189 economías y ciudades seleccionadas en el ámbito subnacional y regional. Lanzada en 2002, dicha metodología analiza y compara la normatividad que regula las actividades de las pequeñas y medianas empresas locales a lo largo de su ciclo de vida [1].

El método utilizado por *Doing Business* Colombia analiza 23 ciudades. El *ranking* del índice de la “Facilidad para hacer Negocios en Colombia” corresponde al promedio de las clasificaciones percentiles de cada ciudad en cuatro ámbitos: apertura de una empresa, manejo de permisos de construcción, registros de propiedades y pago de impuestos, asignándose la misma ponderación a cada ámbito [2].

Por medio del análisis envolvente de datos DEA también es posible obtener el *ranking* de la “Facilidad que ofrecen para hacer negocios en Colombia” para las 23 principales ciudades de Colombia. Esto, gracias a que DEA es una técnica de programación lineal desarrollada para calcular el índice de eficiencia técnica relativa, es decir, la forma en que una empresa o unidad tomadora de decisión DMU emplea sus recursos disponibles (*inputs*) para producir sus productos (*outputs*) [3].

Para el caso particular de clasificar las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, la metodología DEA toma como *inputs* los cuatro ámbitos o criterios considerados por *Doing Business* (apertura de empresas, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades, pago de impuestos), y un *output* con un valor normalizado para cada una de las DMU (ciudades), estableciendo de esta manera la clasificación (*ranking*) de las ciudades más eficientes; siendo este índice de eficiencia, el mejor posible y el más conveniente [4]. Se considera a una ciudad más eficiente que otra, a partir del mismo *output*, pero con menores *inputs*.

Con base en lo anteriormente expuesto, este proyecto plantea la realización de un estudio comparativo entre las dos metodologías, a partir de su implementación respecto de la clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios. Con base en los resultados obtenidos a partir de cada uno de los procedimientos, se podrán establecer sus diferencias y similitudes, así como las ventajas y desventajas que presentan entre sí.

### 1.1 Formulación del Problema

*Doing Business* presenta una clasificación de la facilidad para hacer negocios en 23 ciudades colombianas con base en la medición de las cuatro etapas de la vida de una empresa: apertura de una empresa, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos. Dicha medición da cuenta de cómo las regulaciones gubernamentales fomentan o restringen la actividad empresarial en cada ciudad, constituyéndose así en un buen indicador para el fortalecimiento de las políticas e instituciones gubernamentales en pro del aumento de la productividad, la aceleración del crecimiento económico y el estímulo a la competitividad.

En este sentido, la metodología *Doing Business* ayuda a identificar e implementar prácticas que posibilitan la obtención de resultados como que (i) la disminución de las barreras para la apertura de empresas se asocia con un sector informal más reducido, (ii) una reducción en los costos estimula la actividad empresarial y (iii) un procedimiento sencillo para la creación de empresas estimula la generación de empleo. A partir de estos resultados es posible implementar políticas que promuevan el mejoramiento continuo en la clasificación de una ciudad con base en la facilidad para hacer negocios en ella.

Por su parte, el análisis envolvente de datos DEA proporciona una metodología para la medición de la eficiencia relativa de una empresa o unidad tomadora de decisión DMU con base en la información del aprovechamiento de sus recursos (*inputs*) para producir sus resultados (*outputs*). Si se toman las 23 principales ciudades colombianas como DMU, las cuatro etapas de la vida de una empresa en las cuales se basa la clasificación obtenida a partir de la metodología *Doing Business* como sus entradas (*inputs*) y se establece una salida (*output*) estandarizada (igual a 100) para todas las ciudades, se obtendrá la clasificación de la facilidad para hacer negocios en dichas ciudades, así como sus mejoramientos potenciales, además de establecer el *ranking* de dichas ciudades y, con el modelo del índice de Malmquist obtener un análisis de la evolución del indicador de la “Facilidad para hacer negocios”, establecer el grado de mejoramiento de estas en el tiempo (por ejemplo, en los periodos 2010 y 2013).

El problema que se plantea en la presente propuesta consiste, entonces, en establecer si a partir del análisis envolvente de datos DEA para la “Facilidad para hacer negocios en Colombia” es posible obtener resultados comparables con los que provee la implementación de la metodología *Doing Business* al respecto.

### **Pregunta de Investigación:**

¿Es posible, a partir del análisis envolvente de datos DEA, obtener resultados comparables con los que provee la implementación de la metodología *Doing Business* para determinar el índice de la “Facilidad para hacer negocios en Colombia”?

## **1.2 Formulación de Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Comparar las metodologías *Doing Business* y el análisis envolvente de datos DEA para la clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analizar el procedimiento empleado por la metodología *Doing Business* para establecer la clasificación del indicador de la facilidad de hacer negocios en las 23 principales ciudades colombianas.

- Establecer la clasificación de la facilidad de hacer negocios en las principales ciudades colombianas por medio del análisis envolvente de datos DEA.
- Generar el *ranking* del indicador de la facilidad de hacer negocios en las principales ciudades colombianas por medio de un modelo DEA de supereficiencia.
- Comparar la evolución en el indicador de la facilidad de hacer negocios a través del tiempo, en los periodos 2010 - 2013, con el modelo del índice de Malmquist.
- Comparar los resultados obtenidos con las metodologías *Doing Business* y el análisis envolvente de datos DEA estableciendo sus principales similitudes y diferencias.

### 1.3 Justificación

Este proyecto pretende comparar dos metodologías cuantitativas para establecer la clasificación del indicador de la facilidad de hacer negocios en 23 ciudades colombianas. La primera de ellas, la metodología *Doing Business*, propuesta por el Banco Mundial, basa su análisis en cuatro variables para el establecimiento de una empresa: apertura de un negocio, obtención de permisos de construcción, registros de propiedades y pago de impuestos. Mediante su implementación se obtiene el indicador en términos del promedio de las clasificaciones percentiles de cada ciudad en cada una de las cuatro variables, asignándole la misma ponderación a cada una. Adicionalmente, si se compara el indicador de la facilidad de hacer negocios a través del tiempo es posible observar la evolución del desempeño y las regulaciones empresariales en cada una de estas ciudades.

La segunda metodología es el análisis envolvente de datos DEA. En esta se evalúa la eficiencia relativa de una serie de unidades tomadoras de decisión o DMU, las ciudades colombianas, con base en cómo se aprovechan sus recursos (*inputs*) para producir sus resultados (*outputs*). Como entradas (*inputs*) se pueden establecer los mismos parámetros definidos por la metodología *Doing Business* y se establece una salida (*output*) estandarizada (igual a 100) como única salida con lo cual se obtiene la eficiencia relativa de cada ciudad. Eventualmente varias ciudades podrían situarse en la frontera de eficiencia, es decir, tendrían una eficiencia del 100%. Esta situación haría necesario utilizar un modelo de supereficiencia o similar para establecer la clasificación de tales ciudades (discriminación una a una). Para evaluar la evolución del indicador de la facilidad de hacer negocios a través del tiempo en cada ciudad se propone utilizar el modelo del índice de productividad de Malmquist.

A partir de las recomendaciones del informe *Doing Business Colombia 2010*, algunas ciudades per se, han reducido y/o eliminado trámites, tiempos y costos asociados a la apertura de empresas, inclusive comprometiendo recursos importantes. Lo anterior se ha logrado a través de reformas a nivel de los gobiernos local y/o nacional y la adopción de buenas prácticas existentes en otras ciudades (unificación de trámites, implementación de servicios y pagos electrónicos, ventanilla única, entre otros). No obstante, en algunas ciudades no se ha generado el impacto esperado por los gobiernos locales -los esfuerzos para ofrecer mayores facilidades para hacer negocios **quedan reflejados en la calidad de los servicios, más que en una mejor clasificación**-. Lo anterior se presenta, dado que la

clasificación de ciudades a partir de la metodología *Doing Business* se basa en el percentil promedio de un conjunto de criterios y variables (considera la posición relativa del dato en cuestión, respecto del conjunto de datos en que este es analizado. No considera aspectos como su valor asociado, ponderación y normalización). Esta situación podría superarse con la metodología del Análisis Envolvente de Datos, DEA; de forma tal, que una ciudad ineficiente pueda determinar con certeza en cuanto debe reducir sus inputs respecto de otras ciudades consideradas eficientes.

Finalmente, se propone comparar las dos metodologías a partir de los resultados obtenidos, lo cual permitirá establecer sus semejanzas y diferencias. Con lo cual se podrá determinar si con el análisis envolvente de datos DEA se consiguen resultados comparables o similares a los que proporciona la metodología *Doing Business* o, por el contrario, se tienen resultados diferentes.

## **1.4 Metodología**

Este trabajo se puede considerar de tipo descriptivo y toma como referencia la metodología *Doing Business*, por medio de la cual se mide el indicador de la facilidad de hacer negocios en las principales ciudades colombianas, comparando sus resultados con el análisis envolvente de datos DEA de acuerdo con las siguientes etapas:

- Análisis de cómo es medido y calculado el índice de facilidad para hacer negocios con la metodología *Doing Business* por medio del simulador en EXCEL propuesto por la organización *Doing Business* y el Banco Mundial.
- Selección del modelo de análisis envolvente de datos DEA más recomendado, entre los modelos *input* orientados con rendimientos constantes a escala CCR o con rendimientos variables a escala BCC, para calcular la eficiencia relativa de las 23 principales ciudades colombianas utilizando los mismos parámetros definidos por la metodología *Doing Business*.
- Implementación del modelo de supereficiencia para determinar el *ranking* real de las ciudades colombianas con respecto a la facilidad de hacer negocios.
- Implementación del modelo del índice de productividad de Malmquist para comparar la evolución de la eficiencia en la facilidad de hacer negocios de las ciudades colombianas en los periodos 2010 y 2013 (estos corresponden con los dos últimos informes liberados por el Banco Mundial).
- Comparar las similitudes y diferencias más significativas en los resultados de las dos metodologías.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Estado del Arte

#### 2.1.1 Análisis de artículos

El Anexo No. 1 presenta el análisis de artículos referidos a algunas aplicaciones de las metodologías Doing Business y el Análisis Envolvente de Datos, DEA.

### 2.2 Conceptos Teóricos

A continuación, se presenta un resumen de los fundamentos teóricos que se aplicarán en este proyecto:

#### 2.2.1 El informe Doing Business

El informe *Doing Business* proporciona una medición objetiva de las normas que regulan la actividad empresarial y su aplicación en 189 economías y ciudades seleccionadas en el ámbito subnacional y regional. Fue lanzado en 2002, y analiza y compara la normatividad que regula las actividades de las pequeñas y medianas empresas locales a lo largo de su ciclo de vida [5]. El método utilizado por *Doing Business* Colombia analiza 23 ciudades. El *ranking* del índice de la “Facilidad para hacer negocios de Colombia” corresponde al promedio de las clasificaciones percentiles de cada ciudad en cuatro ámbitos, asignándose la misma ponderación a cada ámbito [6].

Las cuatro áreas analizadas en dicha clasificación son: apertura de una empresa, manejo de permisos de construcción, registros de propiedades y pago de impuestos [6]. En la siguiente tabla se observa cada variable y los respectivos criterios objeto de medición.

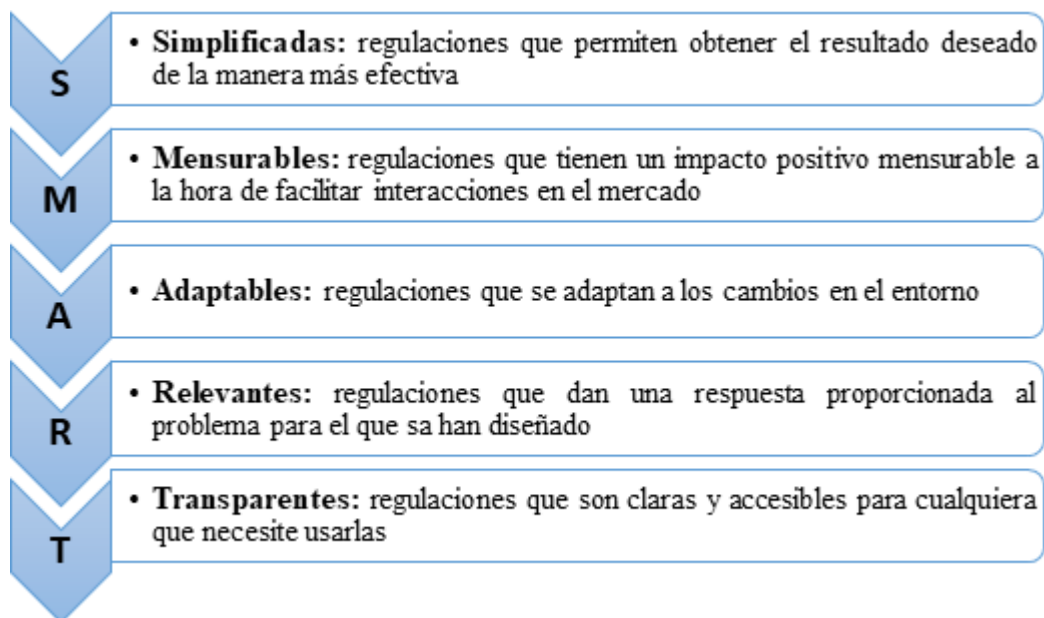
**Tabla 1.** Variables y criterios considerados por la metodología Doing Business

Variable	Criterios
Apertura de un negocio	Procedimientos (número)
	Tiempo (días)
	Costo (% ingreso per cápita)
	Requisito de capital mínimo pagado (% ingreso per cápita)
Obtención de permisos de construcción	Procedimientos (número)
	Tiempo (días)
	Costo (% ingreso per cápita)
Registro de propiedades	Procedimientos (número)
	Tiempo (días)
	Costo (% del valor de la propiedad)
Pago de impuestos	Pagos (número)
	Tiempo (horas)
	Tasa total de impuestos (% de ganancia)

Fuente: *Doing Business* en Colombia 2013 [7]

Por consiguiente, *Doing Business* no promueve una disminución de las regulaciones para las empresas, sino regulaciones empresariales inteligentes que faciliten la forma de hacer negocios y clasifica las ciudades de acuerdo con ello [7]. En la siguiente figura se aprecian las características de tales regulaciones.

**Figura 1.** ¿Qué son las regulaciones empresariales *inteligentes* según *Doing Business*?



Fuente: *Doing Business* en Colombia 2013 [7]

El informe *Doing Business* se ha convertido en un punto de referencia mundial para determinar la facilidad de la actividad empresarial y las posibles reformas para mejorarla [8].

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de las variables, criterios e indicadores considerados en la metodología *Doing Business* para la clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios.

### 2.2.2 Revisión del concepto rango percentil de un dato

A continuación con fines ilustrativos se presenta un conjunto de seis (6) datos, para los cuales se calcula su rango percentil.

**Tabla 2.** Cálculo del rango percentil de un conjunto de datos

Datos	Rango Percentil
2	0
3	0,2
8	0,4
10	0,6
15	0,8



<b>16</b>	<b>1</b>
-----------	----------

Fuente: Elaboración propia

El rango percentil para el dato 8 es de 0.4; lo cual indica que por debajo de este dato se encuentra el 40% del conjunto de datos (no considera el dato en cuestión), es decir los datos 2 y 3.

El rango percentil solo considera la posición relativa del dato en cuestión, respecto del conjunto de datos en que este es analizado. No considera la magnitud del dato. A continuación se ilustra tal situación.

**Tabla 3.** Análisis del rango percentil de un conjunto de datos

<b>Datos</b>	<b>Rango Percentil</b>
<b>2</b>	0
<b>3</b>	0,2
<b>4</b>	<b>0,4</b>
<b>10</b>	0,6
<b>15</b>	0,8
<b>16</b>	1

Fuente: Elaboración propia

Como puede verse el valor ha sido reemplazado por el 4 (50% de la magnitud del original, - 8) y sin embargo el rango percentil sigue siendo el mismo, dado que al ordenar los datos, la posición es la misma.

Ahora el 4 será reemplazado por 11, sucede entonces que el valor 10 pasa a tener un rango percentil de 0.4.

**Tabla 4.** Otro análisis del rango percentil de un conjunto de datos

<b>Datos</b>	<b>Rango Percentil</b>
2	0
3	0,2
<b>11</b>	<b>0,6</b>
<b>10</b>	<b>0,4</b>
15	0,8
16	1

Fuente: Elaboración propia

Puede observarse la medida como puede verse o no afectado el rango percentil de un valor en un conjunto de datos, y por ende el impacto de este al construir una jerarquía u ordenamiento de elementos (para el caso ciudades).

Para la metodología Doing Business un menor valor de rango percentil en una variable o en cualquiera de sus criterios considerados, indica que la respectiva ciudad ofrece mayores facilidades (es más eficiente) que otras ciudades con valores más altos de rango percentil.

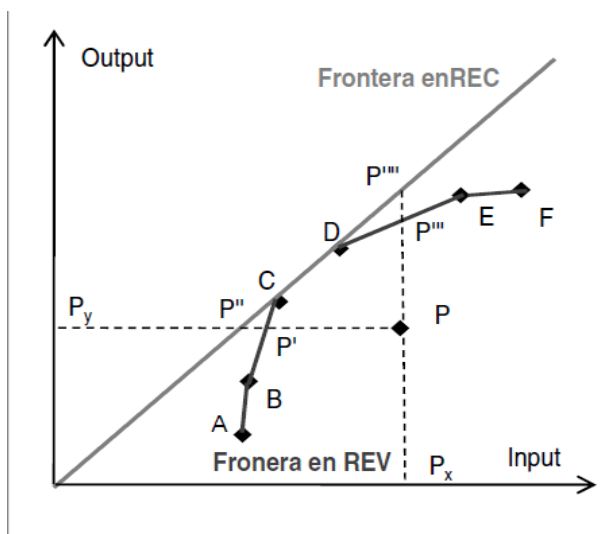
### 2.2.3 Análisis envolvente de datos - DEA

Los orígenes del análisis envolvente de datos DEA se remontan a los años 70, cuando A. Charnes, W. W. Cooper y E. Rhodes [9] desarrollaron esta técnica. La técnica del análisis envolvente de datos DEA es un procedimiento de programación lineal desarrollado para calcular el índice de eficiencia técnica relativa, es decir, la forma en que una empresa, o unidad tomadora de decisión DMU, emplea sus recursos disponibles (*inputs*) para producir sus productos (*outputs*). Puede ser considerada como una aplicación al caso de múltiples *outputs* del análisis tradicional de eficiencia productiva propuesto por Farrell en 1957 [3].

Básicamente, DEA es una técnica de programación matemática que permite la construcción de una superficie envolvente, frontera eficiente o función de productividad empírica, a partir de los datos disponibles del conjunto de unidades objeto de estudio, de forma que las unidades que determinan la envolvente son denominadas unidades eficientes y aquellas que no permanecen sobre la misma son consideradas unidades ineficientes. DEA permite la evaluación de la eficiencia relativa de cada una de las unidades y optimiza cada observación individual con el propósito de construir un conjunto frontera determinado para las DMU Pareto – eficientes (aquellas que se encuentran en una posición tal que les es imposible mejorar sus *outputs* sin deteriorar la cantidad de *inputs* utilizados o viceversa) [10].

Según El Mahgary y Lahdelma [11], la envolvente o frontera de eficiencia, obtenida mediante las observaciones realizadas entre un conjunto de DMUs, permite establecer el mejor valor de operación del conjunto. Este valor indica la máxima cantidad de salida (*outputs*) que se puede obtener a partir de una combinación de entradas (*inputs*) dada. Para representar gráficamente la frontera basta con unir las unidades eficientes, es decir, las que obtuvieron valores de eficiencia iguales a uno, mediante segmentos rectos. De esta manera, las unidades ineficientes quedan “envueltas” por la frontera. Por tanto se puede considerar la frontera como un valor de eficiencia relativa, y no absoluta, ya que con otras DMUs consideradas, se obtendrán resultados diferentes. La frontera puede, como mínimo, estar formada por una recta que pase por el origen y a la que solo pertenezca un punto. Siempre se cumple que al menos una DMU alcanza un valor de eficiencia igual a uno [12]. En la figura 2 se observa el proceso de las fronteras con retornos a escala constante REC y retornos a escala variables REV.

**Figura 2.** Fronteras eficientes obtenidas por modelos DEA CCR (REC) y BCC (REV)



Fuente: Basada en Odeck y Alkadi en [13]

### 2.2.3.1 Clasificación de la los modelos DEA

Los modelos DEA pueden ser clasificados en tres categorías: Radial, No Radial y Orientado, No Radial y No Orientado.

**Radial.** Significa que un cambio proporcional de los valores de entrada / salida es la consideración principal y, por lo tanto, la existencia de holguras (exceso de insumos y déficits de salida que quedan en el modelo) son consideradas secundarias o libremente desechadas; mientras que "**No Radial**" trata con holguras directamente y no se adhiere a un cambio proporcionado de entrada / salida.

**Orientado.** Indica la orientación de entrada o salida para evaluar la eficiencia, es decir, el objetivo principal de la evaluación es la reducción de entrada o la expansión de salida. Por ejemplo, los modelos orientados a la entrada primero apuntan a reducir los recursos de entrada a la frontera eficiente en la medida de lo posible, y luego para ampliar los productos de salida como el segundo objetivo. Los modelos '**no orientados**' tratan la reducción de entrada y la expansión de salida al mismo tiempo.

Los modelos considerados para la realización de este proyecto se clasifican en las tres categorías, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 5.** Clasificación de los modelos considerados en el proyecto

Categoría	Familia	Modelo
Radial	CCR	CCR-I
	BCC	BCC-I
	Malmquist-Radial	Malmquist-Radial-I-C
No Radial y Orientado	SBM-Oriented	SBM-I-C, SBM-I-V
	Super-Radial	Super-CCR-I, Super-BCC-I
	Super-SBM-Oriented	Super-SBM-I-C, Super-SBM-I-V

		V
No Radial y No Orientado	SBM-NonOriented	SBM-C, SBM-V
	Super-SBM-NonOriented	Super-SBM-C, Super-SBM-V

Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 6.0) [14]

### 2.2.3.2 El concepto de retornos a escala [4]

Bajo el enfoque de escala de retorno constante (CRS) asumimos que si  $(x, y)$  es una correspondencia factible entonces también lo es  $(\alpha x, \alpha y)$ , donde  $\alpha$  es una constante positiva. La consecuencia de la suposición CRS, es que la productividad promedio denotada por la razón  $y / x$  no depende de la escala de producción.

La suposición de escala constante (CRS) no siempre es apropiada en el contexto de la vida real. La suposición más general que podemos hacer con respecto a los tipos de variables a escala es que son variables (VRS). Esto permite, para diferentes tamaños de escala, no solo las escalas de retorno constante sino también las escalas de retorno creciente y decreciente.

Con referencia a los retornos a escala solo tenemos en consideración puntos Pareto eficientes porque de otra manera el impacto del tamaño de la escala sobre la productividad promedio no se podría separar de las ganancias en la eficiencia (es decir, siendo un punto Pareto eficiente, cualquier cambio en la productividad media será debido al tamaño de la escala, porque los puntos considerados ya son Pareto eficientes).

La productividad promedio es afectada por la escala de operaciones si un cambio en los niveles de entrada (asumiendo operación eficiente), produce un cambio no equiproporcional en los niveles de salida.

Se dice que una unidad de producción (DMU) exhibe “retornos crecientes a escala (IRS)”, si un incremento radial de sus niveles de entrada (esto es, manteniendo la mezcla de las entradas constante) y permaneciendo Pareto eficiente, produce un incremento radial de sus niveles de salidas en una mayor proporción. Si el incremento radial de los niveles de las salidas, es en una menor proporción, tenemos “retornos decrecientes a escala (DRS)”, de otro modo tenemos “retornos constantes a escala (CRS)”.

Retornos crecientes (IRS): son aquellos que existen cuando al variar la cantidad utilizada de todos los inputs en una determinada proporción, la cantidad de los outputs varía en una proporción mayor.

Retornos constantes (CRS): son aquellos que existen cuando al variar la cantidad utilizada de todos los factores (inputs) y la cantidad de los productos (outputs) varían en la misma proporción.

Retornos decrecientes (DRS): existen cuando al variar la cantidad utilizada de cada una de las entradas (inputs) en una proporción determinada, la cantidad obtenida de los productos (outputs), varía en una proporción menor.

### 2.2.3.3 Tipos de eficiencia y el concepto de eficiencias de escala [4]

Cooper, Seiford y Tone, relacionan los scores (puntajes) obtenidos en los modelos DEA con algunas eficiencias si:

El modelo CCR orientado los inputs calcula la Eficiencia técnica global (ETG), es la que se obtiene cuando la DMU de referencia es la de mayor productividad.

Al evaluar el valor de la eficiencia mediante el modelo BCC, se obtienen como resultado los índices de eficiencia técnica pura local (ETP), es la que se obtiene cuando se escoge como unidad de referencia la de mayor productividad de entre las unidades de su tamaño. El modelo BCC, con rendimientos variables a escala “envuelve más los datos que el CCR, y genera una DMU de comparación (Reference Set) más cercana por lo que se cumple que  $ETP > ETG$ .

Eficiencia de escala: El cociente entre estas dos clases de eficiencias da como resultado un tercer tipo de eficiencia, denominada Eficiencia de Escala (SE), la cual mide el impacto del tamaño de la escala sobre la productividad de una DMU. La eficiencia de escala se calcula de manera análoga para tanto para el modelo orientado a las entradas como para el modelo orientado a las salidas.

$$Eficiencia\ de\ escala\ DMU\ J_0 = \frac{Eficiencia\ técnica\ global\ DMU\ J_0}{Eficiencia\ técnica\ local\ DMU\ J_0}$$

Considerando que  $ETP > ETG$ , se puede concluir que Eficiencia de escala es menor o igual que uno ( $SE \leq 1$ ).

Así por definición la eficiencia de escala mide la divergencia entre el ranking de eficiencia de una DMU bajo los modelos CCR y BCC respectivamente. A diferencia del valor de la eficiencia CCR, el valor de la eficiencia VRS es obtenido cuando controlamos el tamaño de la escala de una DMU. Esta es la única divergencia en la forma de obtener las dos medidas de eficiencia y por lo tanto la divergencia en las medidas captura el impacto del tamaño de la escala en la productividad de la DMU analizada.

La eficiencia de escala determina si cada DMU está operando en la escala de producción adecuada. Así, la eficiencia de escala mide el impacto del tamaño de la escala de operación sobre la productividad de una DMU.

Menor eficiencia de escala (mayor divergencia entre las eficiencias VRS y CRS), menor es el valor de la eficiencia de escala y más adverso es el impacto del tamaño de la escala sobre la productividad. Menor eficiencia de escala significa que se deben reducir en mayor grado los recursos de la DMU para alcanzar la eficiencia global comparada con la eficiencia local.

La descomposición de la eficiencia técnica global (ETG) puede realizarse de la siguiente manera:

$$Eficiencia\ Técnica\ Global = Eficiencia\ Técnica\ Pura * Eficiencia\ de\ Escala$$

La importancia de la descomposición de eficiencia técnica pura radica en que se pueden encontrar las diferentes fuentes de ineficiencia de una DMU en particular.

La eficiencia técnica pura muestra en qué medida la DMU está extrayendo el máximo rendimiento de los recursos a su disposición. La eficiencia de escala muestra si la DMU ha logrado alcanzar el punto óptimo de escala; en caso de no ser uno, significa que la DMU no ha logrado el óptimo y, dado que esto puede haber sido por defecto o por exceso, la etapa de escala nos identifica si la diferencia ha sido por defecto, lo cual implica que la DMU está operando en área de rendimientos crecientes a escala (IRS), o por el contrario, opera en el área de rendimientos decrecientes a escala (DRS).

El punto óptimo de rendimientos constantes a escala se identifica con el resultado del modelo CCR. En todos los casos, la unidad es el valor indicativo de la eficiencia, mientras que cualquier valor menor que uno indica ineficiencia relativa.

#### **2.2.3.4 Eficiencia de mezcla [4]**

Un modelo SBM permite calcular un valor de la eficiencia  $P_{SBM}$ , utilizando una medida no radial, es decir, permitiendo que se modifique la relación de factores (al contrario de los modelos CCR y BCC, que emplean medidas radiales).

Para el caso orientado a las entradas la igualdad  $P_{SBM}^* = \theta_{CCR}$  se cumple sí y solo sí el modelo CCR input tiene cero holguras en cada solución óptima. Así que la desigualdad estricta  $P_{SBM}^* < \theta_{CCR}$  se cumple sí y solo sí la solución al modelo CCR revela ineficiencias de mezcla en las entradas. Lo anterior conduce a la siguiente definición.

Para una DMU dada, sean  $P_{SBM}^*$  y  $\theta_{CCR}^*$  respectivamente los valores óptimos de los modelos CCR y SBM orientados a las entradas. La ineficiencia de mezcla se define como:

$$Eficiencia_{mezcla} = \frac{P_{Input SBM}^*}{\theta_{CCR}^*} = MIX, \text{ así que la eficiencia de mezcla no es mayor a uno.}$$

$$\theta_{CCR}^* \geq \theta_{SBM}^*, \text{ y tenemos } P_{SBM}^* \leq \theta_{CCR}^* \leq \theta_{BCC}^*$$

La descomposición de una eficiencia no radial en una eficiencia radial y mixta.

$$Eficiencia SBM = Eficiencia Técnica Global * Eficiencia de Mezcla$$

Teniendo en cuenta la descomposición de la eficiencia técnica global en eficiencia técnica pura y eficiencia de escala, obtenemos la descomposición de la eficiencia no radial  $P_{SBM}^*$  en eficiencia de mezcla, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala (EE).

$$\rho_{Input SBM}^* = [MIX] * [ETP] * [EE]$$

#### **2.2.4 Modelo DEA – CCR input orientado**

Los modelos DEA se distinguen por la naturaleza de la medida de eficiencia, la orientación del modelo para calcularlo y la tipología de los rendimientos a escala que caracterizan la

frontera eficiente [10]. Existen modelos de DEA en los cuales se exploran rendimientos variables a escala, entradas no discrecionales, salidas no deseables y muchas otras alternativas [15].

La selección de un modelo DEA particular comprende una decisión sobre la forma de la frontera eficiente y otra sobre el concepto de distancia a utilizar. La primera decisión tiene que ver con un supuesto sobre los rendimientos de escala. Existen básicamente dos alternativas: rendimientos constantes a escala (CRS) y rendimientos variables a escala (VRS). Por su parte, la elección de un concepto de distancia involucra la opción por una orientación para el modelo: a la reducción proporcional de los factores produciendo al menos una cantidad dada de productos (orientación a *input*), al incremento proporcional en los productos dados los factores, es decir, utilizando como máximo la cantidad observada de inputs (orientación a *outputs*), o ninguna orientación [4].

En el modelo DEA – CCR desarrollado por Charnes, Cooper y Rodhes en 1978 se puede plantear *input* u *output* orientado y supone rendimientos constantes a escala. De acuerdo con Coll y Blasco [10], el modelo DEA - CCR *input* orientado en forma envolvente es uno de los modelos empleados en la mayoría de las aplicaciones DEA y matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} Z_o = \theta$$

Sujeto a:

$$Y\lambda \geq y_o$$

$$\theta x_o \geq X\lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde:

$\lambda_i$  Es el vector (nx1) de pesos o intensidades. Así,

$\lambda_j$  Es la intensidad de la unidad j.

$\theta$  Denota la puntuación de la eficiencia técnica de la unidad.

### 2.2.5 Modelo DEA - BCC *input* orientado

El modelo DEA BCC se denomina así por haber sido desarrollado por Banker, Charnes y Cooper en 1989. Este modelo relaja el supuesto de los rendimientos constantes a escala, el cual resulta demasiado restrictivo y por tanto irreal, permitiendo que la tipología de rendimiento a escala en un momento determinado sea variable, esto es: constante, creciente o decreciente [10].

El modelo DEA CCR considera que existen rendimientos constantes a escala, permitiendo a las empresas más eficientes ser la referencia de otras empresas con características muy diferentes respecto a la escala de producción. Sin embargo, el supuesto de rendimientos constantes a escala no siempre se cumple, es decir, puede suceder que algunas DMUs no operen a una escala óptima por la existencia de competencia imperfecta, restricciones financieras, normativas, etc. Para solucionarlo, Banker, Charnes y Cooper formularon un

modelo (DEA BCC) que tuviera en cuenta los rendimientos a escala variables (VRS) y poder así calcular la eficiencia técnica pura (ETP), separándola de los efectos de escala o eficiencia de escala (EE) derivados de utilizar el modelo CRS en las condiciones anteriores [4].

Mientras un modelo CCR compara una empresa con otras sustancialmente más grandes o más pequeñas; un modelo BCC permite que una empresa sea comparada con otras similares.

En el modelo DEA – BCC también se puede plantear *input* u *output* orientado. De acuerdo con Coll y Blasco [10], presenta una diferencia con el modelo DEA – CCR consistente en la restricción de convexidad  $\sum \lambda = 1$ . La forma envolvente para el modelo *input* orientado se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} Z_o = \theta$$

Sujeto a:

$$Y\lambda \geq y_o$$

$$\theta x_o \geq X\lambda$$

$$\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde:

$\lambda_i$  Es el vector (nx1) de pesos o intensidades. Así,  $\lambda_j$  es la intensidad de la unidad j.

$\theta$  Denota la puntuación de la eficiencia técnica de la unidad.

Uno de los inconvenientes de los modelos DEA – CCR o DEA – BCC es su dificultad para establecer un *ranking* de eficiencia debido a su poca capacidad de discriminación. Lo anterior se puede resolver utilizando los modelos de supereficiencia [16]. Es necesario tener en cuenta que los modelos con retornos variables a escala pueden presentar problemas de infactibilidad al momento de realizar la clasificación de las DMU con supereficiencia [17].

### 2.2.6 Modelo de supereficiencia [14]

Cuando se utilizan los modelos DEA – CCR o DEA – BCC básicos se obtienen puntuaciones de eficiencia iguales a la unidad para aquellas DMU eficientes o menores a la unidad en aquellas DMU ineficientes. Sin embargo, es difícil la clasificación de las unidades eficientes en un *ranking* de eficiencia. Para dar respuesta a esto, Andersen y Petersen [16] propusieron en 1993 un método de clasificación de unidades eficientes consistente en comparar la unidad que está siendo evaluada con una combinación lineal de todas las otras unidades de la muestra, de la cual es excluida la unidad comparada.

La formulación del modelo de supereficiencia, en forma escalar, bajo el supuesto de los rendimientos constantes a escala e *input* orientado es la siguiente [10]:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} Z_o = \theta$$



Sujeto a:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j Y_j \geq y_o$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j X_j \geq \theta x_o$$

$$\lambda \geq 0$$

En la mayoría de los modelos de DEA, las mejores DMUs comparten el estado de eficiencia total (puntuación igual a uno), y generalmente DMUs plurales suelen tener este estado "eficiente". El modelo de Super-eficiencia discrimina entre estas DMUs eficientes. La idea básica es que elimine la DMU eficiente involucrada del conjunto de posibilidades de producción (PPS) y mida la distancia desde la DMU hasta el PPS restante. Si la distancia es pequeña, se considera que la supereficiencia de la DMU es menor, ya que la DMU sólo supera marginalmente a otras DMU. Por otro lado, si la distancia es grande, la supereficiencia de la DMU es alta en comparación con las DMUs restantes. Por lo tanto, tendrá sentido clasificar las DMUs eficaces en el orden de la distancia así obtenida. El problema radica en como definir la "distancia" entre una DMU eficiente y el conjunto de posibilidades de producción formado excluyendo esta DMU.

El "modelo de Supereficiencia", utiliza la medida basada en holguras (SBM) de eficiencia. La Tabla 6 ilustra el modelo "Super-SBM-I-C". Este ejemplo consta de seis DMUs con dos entradas X1 y X2, y una sola salida Y (=1). El modelo CCR identifica la DMU F como débilmente eficiente (=1), aunque tiene una holgura en X1 frente a C. El modelo SBM revela esta holgura y asigna una puntuación de 0,9 a F. Así, C, D y E son Identificados como verdaderamente eficientes.

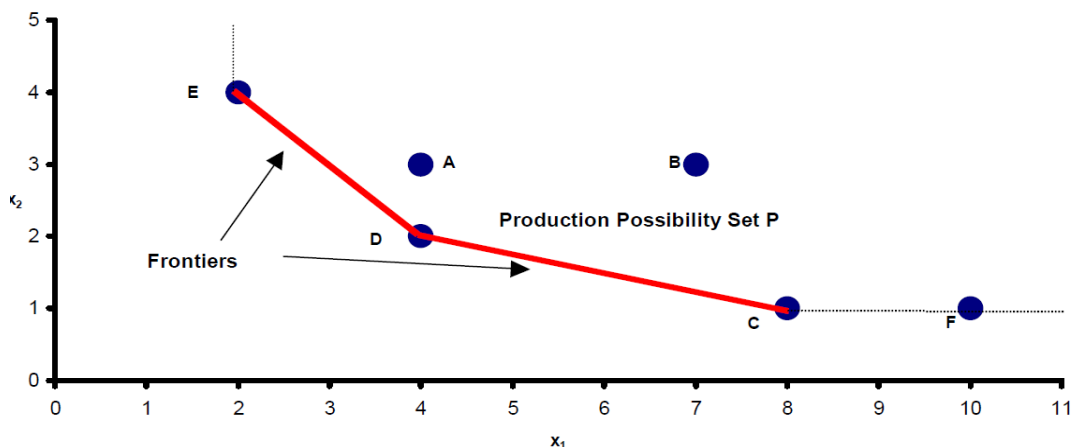
La Figura 3 muestra el conjunto de posibilidades de producción P formado por las seis DMU junto con las fronteras eficientes.

**Tabla 6.** Datos y resultados de los modelos CCR, SBM y Super SBM

DMU	X1	X2	Y	CCR	SBM	Super SBM
A	4	3	1	0.8571	0.8333	
B	7	3	1	0.6316	0.6191	
C	8	1	1	1	1	1.125
D	4	2	1	1	1	1.25
E	2	4	1	1	1	1.5
F	10	1	1	1	0.9	

Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 6.0) [14]

**Figura 3.** Conjunto de posibilidades de producción P, junto con las fronteras eficientes



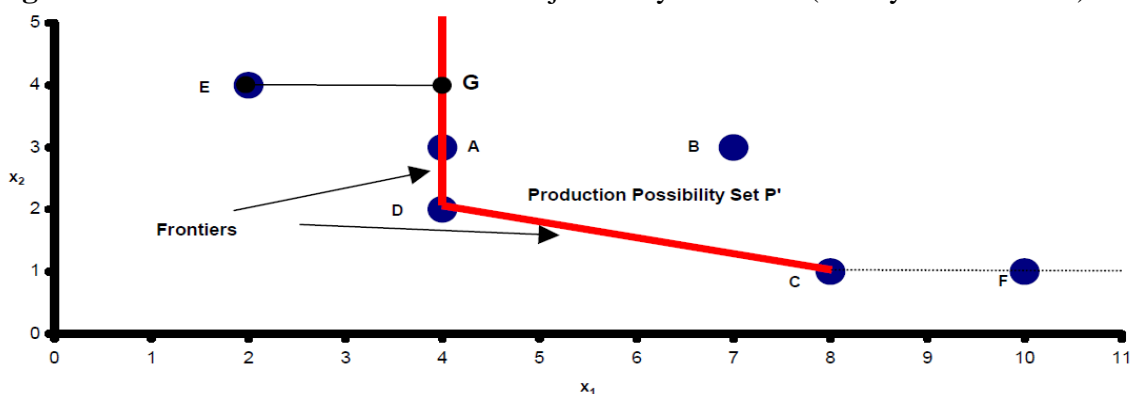
Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 6.0) en [14]

Ahora, vamos a definir la supereficiencia de DMUs eficientes tomando la DMU E como un ejemplo. La figura 4 representa el conjunto de posibilidades de producción P' (del cual se ha excluido la DMU E). Sea  $(X_1', X_2', Y')$  un punto en P', el cual representa las coordenadas de la frontera contra la cual se va a evaluar la supereficiencia de la DMU E. Definimos la 'distancia' en el espacio de entrada entre E y  $(X_1', X_2', Y')$  por  $(X_1' / X_{1E} + X_2' / X_{2E}) / 2$ . Donde 2 indica el número de entradas. Entonces, la distancia entre E y P' se define como el valor óptimo del siguiente programa:

Min  $(X_1' / X_{1E} + X_2' / X_{2E}) / 2$ ; es decir, se trata de buscar el  $(X_1', X_2')$  más cercano al punto supereficiente E.

Subject to  $X_1' \geq X_{1E}, X_2' \geq X_{2E}, Y' = Y_E, (X_1', X_2', Y') \in P'$

**Figura 4.** Posibilidades de Producción Conjunto P' y Fronteras (excluyendo DMU E)



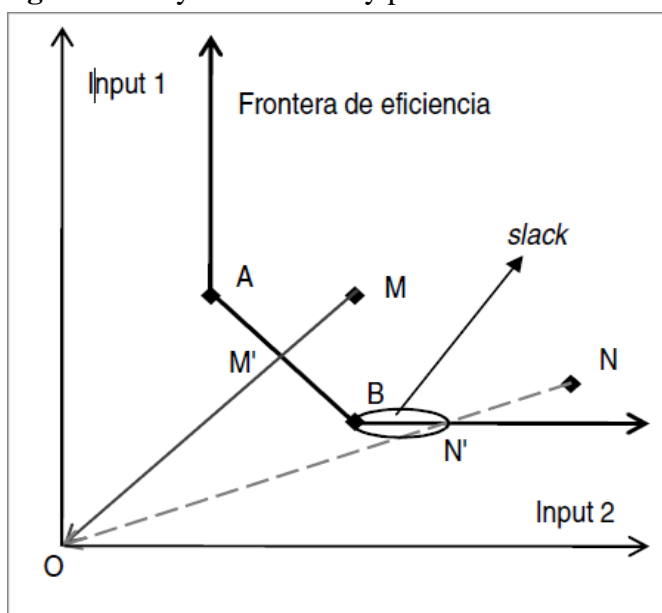
Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 6.0) [14]

La solución óptima viene dada por el punto G en la figura 4 con  $X1'=4$ ,  $X2'=4$ ,  $Y'=1$ . La distancia, entonces, es  $(4/2 + 4/4) / 2 = 1,5$ . De manera similar, podemos medir las distancias, es decir, la supereficiencia, de C y D como se muestra en la Tabla 6. En este ejemplo, la clasificación de DMUs es E, D, C, F, A y B.

### 2.2.7 Slacks y supereficiencia

En algunos casos, para que una DMU alcance la eficiencia, no basta con la reducción proporcional o radial de sus *inputs* o incremento de sus *outputs*. Es necesaria una reducción adicional de sus entradas, o incremento adicional de sus salidas, que ya no es proporcional o radial. Estos ajustes complementarios en sus entradas (*inputs*) o en sus salidas (*outputs*) se conocen conjuntamente como *slacks* [18]. La figura 5 aclara éstos conceptos:

**Figura 5.** Proyección radial y presencia de *slacks* en una DMU



Fuente: Basada en Fried et al. en [19]

Así, dada una frontera de eficiencia, se evalúa la eficiencia de la DMU M proyectándola hacia la frontera de manera radial, según la dirección OM y no se produce ninguna situación problemática, ya que los *slacks* de la proyección M' son cero. Es decir, no es necesaria ninguna reducción adicional en los *inputs* para alcanzar la eficiencia. Para la DMU N, al proyectar radialmente hacia la frontera, se puede observar que su proyección N', teóricamente eficiente por pertenecer a la frontera, necesita disminuir su *input 2* al mismo nivel que la DMU B, por lo que es evidente que no puede ser considerada igual de eficiente que la DMU B. El segmento BN' es el *slack* del *input 2* de la proyección N'.

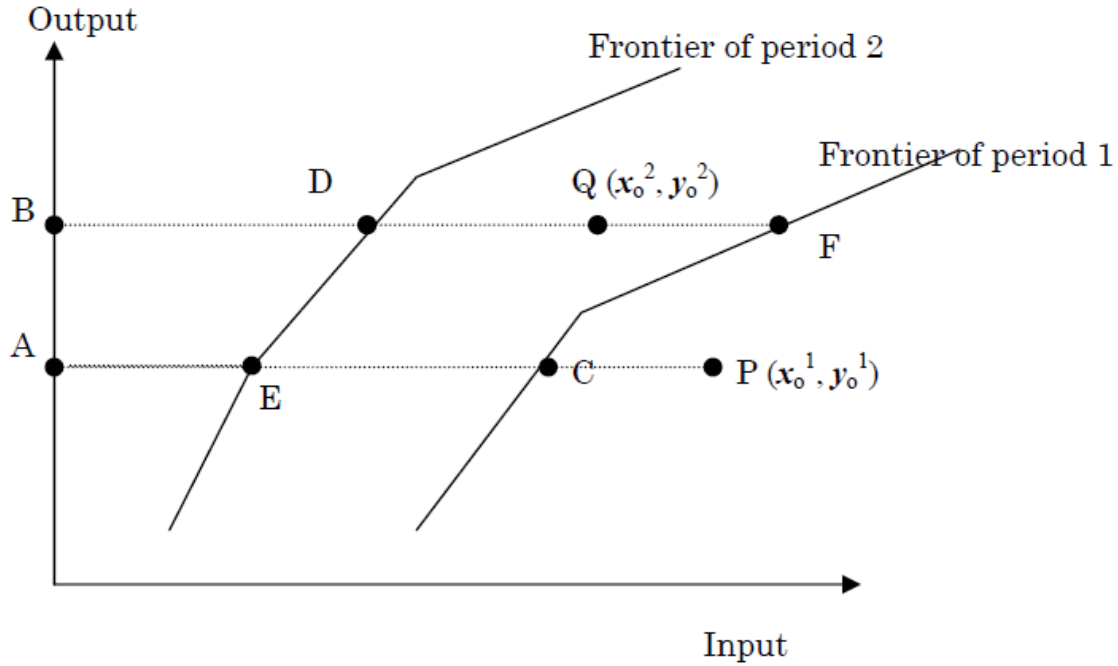
### 2.2.8 El índice de productividad de Malmquist [14]

El índice de Malmquist evalúa el cambio de eficiencia de una DMU entre dos periodos de tiempo. Se define como el producto de los términos “**catch up**” (acercarse a la frontera de eficiencia o alejarse de ella) y “**frontier shift**” (movimiento de la frontera). El “catch up” se relaciona con el grado en que la DMU logró mejorar su eficiencia, mientras que “frontier

shift” refleja el cambio en la frontera eficiente que rodea la DMU entre los dos períodos de tiempo (período 1 y período 2). Denotamos DMUo en el período de tiempo 1 y 2, por  $(x_0^1, y_0^1)$  y  $(x_0^2, y_0^2)$ , respectivamente. Luego, el efecto de recuperación se mide con la siguiente fórmula.

$$Catch - up = \frac{\text{efficiency of } (x_0^2, y_0^2) \text{ with respect to the period 2 frontier}}{\text{efficiency of } (x_0^1, y_0^1) \text{ with respect to the period 1 frontier}}$$

**Figura 6.** Ilustración de una DMU con entrada y salida única.



Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 6.0) [14]

El efecto Catch-up (input-orientation) puede ser calculado como:

$$Cath - up = \frac{\frac{BD}{BQ}}{\frac{AC}{AP}}$$

(Catch - up > 1), indica progreso en la eficiencia relativa desde el período 1 al 2; mientras (Catch - up = 1) y (Catch - up < 1), indica estancamiento o retroceso en la eficiencia. Adicionalmente es necesario considerar el efecto “**frontier shift**” con el fin de evaluar totalmente el cambio de eficiencia de la DMU, ya que el catch-up está determinado por las eficiencias medidas respecto de las distancias de las respectivas fronteras.

En la figura 6, el punto de referencia C de  $(x_0^1, y_0^1)$  se movió a E en la frontera del período 2. Por lo tanto, el efecto de cambio de frontera en  $x_0^1, y_0^1$  se evalúa mediante

$$\varphi 1 = \frac{AC}{AE}$$

Lo cual es equivalente a:

$$\varphi 1 = \frac{\frac{AC}{AP}}{\frac{AE}{AP}} = \frac{\text{efficiency of } (x_0^1, y_0^1) \text{ with respect to the period 1 frontier}}{\text{efficiency of } (x_0^1, y_0^1) \text{ with respect to the period 2 frontier}}$$

La expresión de la derecha puede obtenerse a partir de (F1). El denominador se mide como la distancia desde la posibilidad de producción del período 2 establecida en  $(x_0^1, y_0^1)$ . Del mismo modo, el efecto de cambio de frontera en  $(x_0^2, y_0^2)$  se expresa por:

$$\varphi 2 = \frac{\frac{BF}{BQ}}{\frac{BD}{BQ}} = \frac{\text{efficiency of } (x_0^2, y_0^2) \text{ with respect to the period 1 frontier}}{\text{efficiency of } (x_0^2, y_0^2) \text{ with respect to the period 2 frontier}}$$

Es posible evaluar los numeradores anteriores mediante los modelos DEA. Usando  $\varphi 1$  y  $\varphi 2$ , definimos el efecto de "Cambio de frontera" por su media geométrica como:

$$\text{Frontier - Shift} = \varphi = \sqrt{\varphi 1} \cdot \varphi 2$$

Ahora, el "índice de Malmquist" se obtiene como el producto de (Catch-up) y (Frontier-shift).

$$\text{Malmquist index} = (\text{Catch - up}) * (\text{Frontier - shift})$$

El índice de productividad de Malmquist IPM [10] permite el estudio de la evolución de la productividad en un grupo de DMU entre dos periodos de tiempo  $t$  y  $t+1$ , manteniendo fija la tecnología de referencia, es decir, la DMU utilizada como referencia óptima. El procedimiento propuesto por Caves, Christensen y Diewert en 1982 para medir el índice IPM *input* orientado, se basa en el cálculo de la distancia que separa a cada DMU de la tecnología de referencia en cada periodo, si se toma como referencia la tecnología del periodo  $[t]$  y  $[t+1]$ , puede expresarse como:

$$IPM^t = \frac{D^t(X_t, Y_t)}{D^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}$$

Donde:

$D^t(X_t, Y_t)$ , representa la distancia de una DMU en el periodo  $t$  respecto a la frontera eficiente en dicho periodo y determina la máxima reducción que debería llevarse a cabo en el nivel de *inputs* de la unidad en el periodo  $t$ , dado el nivel de *outputs*, para situar esta sobre la frontera de eficiencia definida en el periodo  $t$ . Esta distancia puede tomar valores

mayores o iguales a la unidad. Si la unidad es considerada técnicamente eficiente, estará situada sobre la frontera y la distancia será igual a uno, mientras que si la unidad es técnicamente ineficiente entonces la distancia será mayor a uno.

$D^t(X_{t+1}, Y_{t+1})$ , representa la distancia de una DMU en el periodo  $t+1$  respecto a la frontera eficiente en el periodo  $t$  y mide la máxima reducción que debería llevarse a cabo en el nivel de *inputs* de la unidad en el periodo  $t+1$ , dado el nivel de *outputs*, para situar a esta sobre la frontera de eficiencia definida en el periodo  $t$ .

Ahora, si  $IPM^t > 1$  entonces  $D^t(X_t, Y_t) > D^t(X_{t+1}, Y_{t+1})$  la reducción que se debe efectuar en el nivel de *inputs* de una DMU en el periodo  $t$  para situarla en la frontera de eficiencia en  $t$  es mayor que el ajuste que sería necesario efectuar sobre los *inputs* de esa misma unidad en el periodo  $t+1$  para situarla sobre la frontera eficiente en  $t$ ; por lo tanto, se observa en la unidad evaluada un incremento de productividad entre el periodo  $t$  y  $t+1$ . Lo contrario sucedería en el caso que  $IPM^t < 1$ , y no se produciría cambio productivo cuando  $IPM^t = 1$ .

De forma similar, se puede definir el índice de productividad de Malmquist  $IPM$  *input* orientado respecto a la tecnología en el periodo  $t+1$ :

$$IPM^{t+1} = \frac{D^{t+1}(X_t, Y_t)}{D^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}$$

Para evitar la arbitrariedad al seleccionar a tecnología de referencia, Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos (1989 y 1992) proponen un índice de productividad de Malmquist como la media geométrica de los dos índices de productividad de Malmquist definidos [14]:

$$IPM = [IPM^t \cdot IPM^{t+1}]^{1/2}$$

$$IPM = \left[ \frac{D^t(X_t, Y_t)}{D^t(X_{t+1}, Y_{t+1})} \cdot \frac{D^{t+1}(X_t, Y_t)}{D^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})} \right]^{1/2}$$

En la ecuación anterior, se puede observar que es necesario calcular cuatro funciones distancia para establecer el índice de productividad de Malmquist. Teniendo en cuenta que la función distancia es igual al recíproco de la medida de eficiencia técnica de Farrell (Färe y Lovell, 1978; Grosskopf, 1993) y tomando el modelo DEA – CCR *input* orientado como referencia, los problemas de programación lineal que, para una unidad analizada, se deben resolver son [10]:

$$1. [D^t(X_t, Y_t)]^{-1} = E'_{0,t} = \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

Sujeto a:

$$Y_t \lambda \geq Y_{o,t}$$

$$\theta X_{o,t} \geq X_t \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

$$2. [D^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})]^{-1} = E_{0,t+1}^{t+1} = \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

Sujeto a:

$$Y_{t+1} \lambda \geq Y_{o,t+1}$$

$$\theta X_{o,t+1} \geq X_{t+1} \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

$$3. [D^t(X_{t+1}, Y_{t+1})]^{-1} = E_{0,t+1}^t = \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

Sujeto a:

$$Y_t \lambda \geq Y_{o,t+1}$$

$$\theta X_{o,t+1} \geq X_t \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

$$4. [D^{t+1}(X_t, Y_t)]^{-1} = E_{0,t}^{t+1} = \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

Sujeto a:

$$Y_{t+1} \lambda \geq Y_{o,t}$$

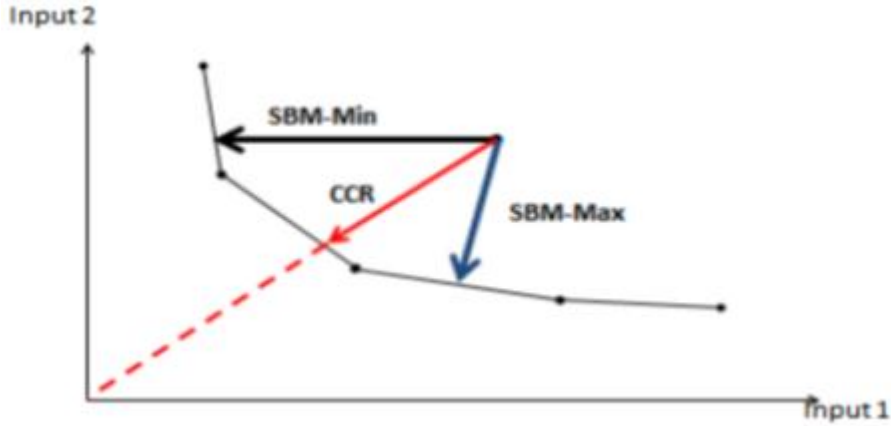
$$\theta X_{o,t} \geq X_{t+1} \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

### 2.2.9 Los modelos SBM-Min, CCR and SBM-Max [20]

Los modelos de SBM usualmente reportan los peores puntajes de eficiencia para DMU ineficientes. Esto significa que el punto proyectado es el más lejano en la frontera eficiente asociada. En contraste, los modelos SBM Max buscan el punto más cercano en la frontera eficiente asociada. Por lo tanto, el puntaje de eficiencia es, en cierto sentido, maximizado en contraste con los modelos ordinarios de SBM (SBM-Min). Esto indica que es posible alcanzar un estado eficiente con menos reducciones de entrada y menos expansiones de salida que los modelos ordinarios de SBM (Min).

**Figura 7:** Relación entre modelos SBM-Min, CCR and SBM-Max



Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 13.0) [20]

Se consideran dos tipos de medidas en DEA; radial y no radial. Las medidas radiales están representadas por los modelos CCR y BCC. Sus inconvenientes existen en que se supone que las entradas / salidas sufren cambios proporcionales y las holguras restantes no se tienen en cuenta en los puntajes de eficiencia. Los modelos no radiales están representados por la medida basada en holguras (SBM). El SBM evalúa la eficiencia basada en la medida de holguras a la frontera eficiente. Sin embargo, dado que su objetivo es minimizar esta medida, es probable que el punto de referencia esté lejos de la DMU objetiva. Sin embargo, existe otro enfoque; para encontrar el punto más cercano en la frontera. Para este propósito, se ha modificado el SBM para capturar el punto de medida mínimo basado en holguras que el SBM encontró para la DMU. Llamamos a este modelo SBM Max en contraste con el modelo SBM (SBM Min) ordinario.

#### 2.2.9.1 El modelo SBM Min

Dado el conjunto de DMU  $J = \{1, 2, n\}$ , cada DMU tiene  $m$  entradas y  $s$  salidas. Los vectores de entradas y salidas para la DMU<sub>j</sub> se denotan por  $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$  y  $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$  respectivamente. Las matrices de entrada y salida  $X$  e  $Y$  se definen por:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^{m \times n}, Y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \in R^{s \times n}, \text{ donde } X > 0, Y > 0$$

##### 2.2.9.1.1 Conjunto de posibilidades de producción

El conjunto de posibilidades de producción se define utilizando la combinación no negativa de las DMU en el conjunto  $J$  como:

$$P = \left\{ (x, y) \mid x \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j, 0 \leq y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j, \lambda \geq 0 \right\}$$

$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T$ , es denominado vector de intensidad.



Las anteriores desigualdades se pueden transformar en igualdades introduciendo holguras de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}x &= \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- \\x &= \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ \\s^- &\geq 0, s^+ \geq 0\end{aligned}$$

Donde  $s^- = (s_1^-, s_2^-, \dots, s_m^-)^T \in R^m$  y  $s^+ = (s_1^+, s_2^+, \dots, s_s^+)^T \in R^s$ , a las que se denominan respectivamente holguras de entrada y salida.

### 2.2.9.1.2 SBM no orientado

La eficiencia de SBM no orientado  $\rho_o^{min}$  es definido por: [SBM-Min]

$$\rho_o^{min} = \min_{\lambda, s^-, s^+} \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{io}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{ro}}}$$

subject to

$$\begin{aligned}x_{io} &= \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- \quad (i = 1, \dots, m) \\y_{ro} &= \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ \quad (r = 1, \dots, s) \\\lambda_j &\geq 0 \quad (\forall j), s_i^- \geq 0 (\forall i), s_r^+ \geq 0 (\forall r).\end{aligned}$$

Una  $DMU_0 = (x_o, y_o)$  es denominada SBM-eficiente si  $\rho_o^{min} = 1$ . Esto significa que  $s^{*-} = 0$  y  $s^{*+} = 0$ , es decir, todas las holguras de entrada y salida son cero.

[SBM-Min] se puede transformar en un modelo lineal utilizando la transformación Charnes - Cooper de la siguiente manera: [SBM-Min-LP]

$$\tau^* = \min_{t, \Lambda, S^-, S^+} t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{io}}$$

subject to

$$\begin{aligned}1 &= t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{y_{ro}} \\tx_{io} &= \sum_{j=1}^n x_{ij} \Lambda_j + S_i^- \quad (i = 1, \dots, m) \\ty_{ro} &= \sum_{j=1}^n y_{rj} \Lambda_j - S_r^+ \quad (r = 1, \dots, s) \\\Lambda_j &\geq 0 \quad (\forall j), S_i^- \geq 0 (\forall i), S_r^+ \geq 0 (\forall r), t > 0.\end{aligned}$$

Si una solución óptima es  $(\tau^*, t^*, \Lambda^*, S^{-*}, S^{+*})$ . Entonces, tenemos una solución óptima de [SBM-Min], la cual se define por:

$$\rho_o^{min} = \tau^*, \lambda^* = \frac{\Lambda^*}{t^*}, s^{-*} = \frac{S^{-*}}{t^*}, s^{+*} = \frac{S^{+*}}{t^*}$$

### 2.2.9.2 El modelo SBM Max

#### Paso 1. Resolver SBM-Min.

Resolver el modelo SBM (SBM-Min) ordinario, tal como se representa en el numeral 2.2.9.1.2 para la DMU<sub>o</sub>  $(x_o, y_o)$  ( $o = 1, 2, \dots, n$ ). Se obtiene una solución óptima  $(\lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$ .

#### Paso 2. Definir DMU eficientes.

Definir el conjunto  $R^{eff}$  de todas las DMU eficientes como:  
 $R^{eff} = \{j \mid \rho_j^{min} = 1, j = 1, \dots, n\}$

Denotar estas DMU eficientes como:  $(x_1^{eff}, y_1^{eff}), (x_2^{eff}, y_2^{eff}), \dots, (x_{Neff}^{eff}, y_{Neff}^{eff})$ , donde Neff es el número de DMU eficientes.

#### Paso 3. Conjunto de referencia local.

Para DMU ineficaz  $(x_o, y_o)$ , definir el conjunto de referencia local  $R_o^{local}$ ; es decir, las DMU eficaces configuradas para la DMU  $(x_o, y_o)$ .

$$R_o^{local} = \{j \mid \lambda_j^* > 0, j = 1, \dots, n\}$$

#### Paso 4. Puntaje Pseudo-Max.

Para cada DMU ineficiente, es decir,  $\rho_o^{min} < 1$  se resuelve el siguiente modelo.

$$\begin{aligned} \text{[Pseudo-1]} \quad & \max \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_{io}^-}{x_{io}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{ro}}} \\ & \text{subject to} \\ & x_o = \sum_{j \in R_o^{local}} x_j \lambda_j + s^- \\ & y_o = \sum_{j \in R_o^{local}} y_j \lambda_j - s^+ \\ & s^-, s^+, \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

Obtiene un conjunto óptimo de holguras  $(s^{-*}, s^{+*})$ . Resolver el siguiente modelo con variables  $(\lambda, s^{-}, s^{+})$ .

$$\begin{aligned}
 [\text{Pseudo-2}] \quad & \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_{io}^{-}}{x_{io} - s_i^{-*}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^{+}}{y_{ro} + s_r^{+*}}} \\
 & \text{subject to} \\
 & \mathbf{x}_o - s^{-*} = \sum_{j \in R^{eff}} \mathbf{x}_j^{eff} \lambda_j + s^{-} \\
 & \mathbf{y}_o + s^{+*} = \sum_{j \in R^{eff}} \mathbf{y}_j^{eff} \lambda_j - s^{+} \\
 & s^{-}, s^{+}, \lambda \geq 0.
 \end{aligned}$$

Obtiene un conjunto óptimo de holguras  $(s^{-**}, s^{+**})$ . Definir la puntuación Pseudo-Max  $\rho_o^{pseudo\ max}$  por:

$$[\text{Pseudo-Max}] \quad \rho_o^{pseudo\ max} = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_{io}^{-*} + S_{io}^{-**}}{x_{io}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^{+*} + S_r^{+**}}{y_{ro}}}.$$

### Paso 5. Distancia y puntaje SBM-Max.

Para cada DMU ineficaz  $(x_o, y_o)$ , es decir,  $\rho_o^{min} < 1$ , calcular la distancia entre  $(x_o, y_o)$  y  $(x_h^{eff}, y_h^{eff})$  ( $h = 1, \dots, Neff$ ) por.

$$[\text{Distance}] \quad d_h = \sum_{i=1}^m \frac{|x_{ih}^{eff} - x_{io}|}{x_{io}} + \sum_{i=1}^s \frac{|y_{ih}^{eff} - y_{io}|}{y_{io}}$$

Esta distancia es invariante por unidades.

#### Paso 5.1. Reordenar la distancia

Volver a numerar las DMU eficientes en orden ascendente de  $d_h$ , de modo que:

$$d_1 \leq d_2 \leq \dots \leq d_{Neff}$$

Definir el conjunto  $R_h$  como:  $R_h = \{1, \dots, h\} (h = 1, \dots, Neff)$

#### Paso 5.2. Encontrar holguras y puntaje máximo para el conjunto $R_h$

Evaluar el puntaje de eficiencia de la DMU ineficiente  $(x_o, y_o)$ , refiriéndose al conjunto  $R_h$  y resolviendo el siguiente modelo.

$$[\text{Max-1}] \quad \max \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_{io}^-}{x_{io}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{y_{ro}}}$$

subject to

$$\mathbf{x}_o = \sum_{j \in R_h} \mathbf{x}_j^{\text{eff}} \lambda_j + \mathbf{s}^-$$

$$\mathbf{y}_o = \sum_{j \in R_h} \mathbf{y}_j^{\text{eff}} \lambda_j - \mathbf{s}^+$$

$$\mathbf{s}^-, \mathbf{s}^+, \boldsymbol{\lambda} \geq \mathbf{0}.$$

$$[\text{Max-2}] \quad \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_{io}^-}{x_{io} - S_i^{-*}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{y_{ro} + S_r^{+*}}}$$

subject to

$$\mathbf{x}_o - \mathbf{s}^{-*} = \sum_{j \in R^{\text{eff}}} \mathbf{x}_j^{\text{eff}} \lambda_j + \mathbf{s}^-$$

$$\mathbf{y}_o + \mathbf{s}^{+*} = \sum_{j \in R^{\text{eff}}} \mathbf{y}_j^{\text{eff}} \lambda_j - \mathbf{s}^+$$

$$\mathbf{s}^-, \mathbf{s}^+, \boldsymbol{\lambda} \geq \mathbf{0}.$$

Obtiene un conjunto óptimo de holguras  $(s^{-**}, s^{+**})$ . Definimos  $\rho_{oh}^*$  por.

$$[\rho_{oh}^*] \quad \rho_{oh}^* = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_{io}^{-*} + S_{io}^{-**}}{x_{io}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^{+*} + S_r^{+**}}{y_{ro}}}.$$

Asignar  $\rho_{oh}^*$  como el puntaje máximo referido al conjunto  $R_h$ .

### Paso 5.3. SBM-Max y proyección

Finalmente, definir la puntuación máxima  $\rho_o^{\max}$  de la DMU ineficiente  $(x_o, y_o)$  por:

$$[\text{SBM} - \text{Max}] \quad \rho_o^{\max} \{ \rho_o^{\text{pseudomax}}, \rho_{o1}^*, \dots, \rho_{oNeff}^* \}$$

También se obtienen las holguras  $(s^{-**}, s^{+**})$  correspondientes al máximo  $\rho_o^{max}$ . La proyección de DMU  $(x_o, y_o)$  en las fronteras eficientes, está dada por:  $[Projection] x_o^* = x_o - s^{-*} - s^{-**}, y_o^* = y_o + s^{+*} + s^{+**}$

Esta DMU proyectada es eficiente con respecto al conjunto eficiente de DMU  $R^{eff}$ .

#### 2.2.9.2.1 Distancia y elección del conjunto $R^h$

El conjunto  $R^h$  juega un papel central en la elección de la DMU de referencia para las DMU ineficientes. Debido a que la principal preocupación es la proyección hacia el punto más cercano en las fronteras eficientes, se evalúa la distancia entre DMU  $(x_o, y_o)$  y las DMU eficientes, y se elige la DMU de distancia más corta como la primera DMU candidata. Luego, se expande el conjunto de referencia en el orden ascendente de distancias. Por lo tanto, se puede esperar un punto cercano eficiente en las fronteras con alta probabilidad. Si se produce empate en las distancias, se elige cualquiera al azar.

#### 2.2.9.2.2 Coherencia con la medida SBM de Super-eficiencia

El modelo SBM-Max tiene como objetivo llegar al punto más cercano en las fronteras eficientes. Este concepto está en línea con el modelo SBM de supereficiencia que resuelve el siguiente modelo para una DMU eficiente  $(x_o, y_o)$ , al medir la distancia de escala de relación mínima de la frontera eficiente excluyendo la DMU  $(x_o, y_o)$

$$\begin{aligned}
 [Super-SBM] \quad \delta^* = \min & \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{io}^*}}{1 - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{ro}^*}} \\
 & \text{subject to} \\
 & \mathbf{x}_o + \mathbf{s}^- = \sum_{j=1, j \neq o}^n \mathbf{x}_j \lambda_j \\
 & \mathbf{y}_o - \mathbf{s}^+ = \sum_{j=1, j \neq o}^n \mathbf{y}_j \lambda_j \\
 & \lambda \geq \mathbf{0}, \mathbf{s}^- \geq \mathbf{0}, \mathbf{s}^+ \geq \mathbf{0}.
 \end{aligned}$$

Resolver el modelo SBM de super-eficiencia aplicando el código LP solo una vez, porque este problema pertenece a una programación convexa, es decir, minimización de una función convexa sobre una región convexa. Sin embargo, el problema de SBM-Max no se puede resolver de esta manera, porque es una maximización de una función convexa sobre una región convexa (El anexo No. 4 incluye un ejemplo numérico tratado mediante el modelo DEA SBM-Max).

### **3. Desarrollo de la Propuesta**

Para el desarrollo de este proyecto, se ha considerado la elaboración de tres (3) fases, las cuales se encuentran en correspondencia con los objetivos específicos incluidos en el anteproyecto.

La primera fase incluye la revisión y análisis de la metodología Doing Business para la clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios durante los años 2010 y 2013.

La segunda fase incluye la clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, mediante el Análisis Envoltante de Datos (DEA).

La tercera fase incluye la evolución de la facilidad que ofrecen las principales ciudades colombianas para hacer negocios durante los años 2010 y 2013 según el modelo DEA, índice de Malmquist.

#### **3.1 Fase 1: Revisión y Análisis de la Metodología Doing Business para la Clasificación de las principales ciudades Colombianas según la Facilidad que ofrecen para hacer negocios**

##### **3.1.1 Presentación**

Doing Business mide la forma en la cual las regulaciones gubernamentales fomentan la actividad empresarial o la restringen. Las ciudades y departamentos incluidos en Doing Business en Colombia 2013 fueron seleccionados conjuntamente con el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Las ciudades son las siguientes: Armenia (Quindío), Barranquilla (Atlántico), Bogotá (Distrito Capital), Bucaramanga (Santander), Cali (Valle del Cauca), Cartagena (Bolívar), Cúcuta (Norte de Santander), Ibagué (Tolima), Manizales (Caldas), Medellín (Antioquia), Montería (Córdoba), Neiva (Huila), Pasto (Nariño), Pereira (Risaralda), Popayán (Cauca), Riohacha (La Guajira), Santa Marta (Magdalena), Sincelejo (Sucre), Tunja (Boyacá), Valledupar (Cesar), Villavicencio (Meta), Dosquebradas (Risaralda) y Palmira (Valle del Cauca).

##### **3.1.2 Aspectos que cubre Doing Business en Colombia**

Doing Business en Colombia proporciona una medición cuantitativa de las regulaciones nacionales, departamentales y municipales sobre apertura de una empresa, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades, pago de impuestos, comercio transfronterizo y cumplimiento de contratos (en su aplicación a las pequeñas y medianas empresas). Una premisa fundamental de Doing Business es que la actividad económica requiere buenas regulaciones, entre estas se incluyen las que establecen y esclarecen los derechos de propiedad, las que reducen los costos de resolución de disputas, las que tornan más predecibles las interacciones económicas y las que proporcionan a las partes contratantes protección contra abusos. El objetivo es: lograr regulaciones diseñadas para ser eficientes y de sencilla aplicación, asequibles a todo el que necesite recurrir a ellas. De

acuerdo con lo expuesto, algunos de los indicadores de Doing Business proporcionan mejores clasificaciones si la regulación es más rigurosa, por ejemplo, en establecer requisitos para la divulgación de conflictos de interés en transacciones entre partes relacionadas.

Otros indicadores premian con mejores puestos a aquellos que tengan procedimientos simplificados para aplicar la regulación existente, por ejemplo si cuentan con oficinas de ventanilla única para dar cumplimiento a las formalidades de apertura de una empresa. Doing Business en Colombia 2013 abarca dos tipos de datos. El primero proviene de la revisión de las leyes y regulaciones. El segundo consiste en indicadores de tiempo y movimiento que miden la eficiencia en cumplir requisitos legales (como por ejemplo otorgar identidad legal a una empresa). Respecto a los indicadores de tiempo y movimiento, las estimaciones del costo proceden de las tablas de tarifas oficiales en los casos en que sean aplicables. De esta forma, Doing Business ha edificado sobre los cimientos del trabajo pionero de Hernando de Soto al aplicar el enfoque de tiempo y movimiento empleado por primera vez por Frederick Taylor para revolucionar la producción del modelo Ford T. En la década de los 80, de Soto utilizó este enfoque para mostrar los obstáculos a la hora de establecer una fábrica de ropa a las afueras de Lima, Perú [21].

### **3.1.3 Enfocado en el sector formal**

Al elaborar los indicadores, Doing Business en Colombia 2013 asume que los empresarios conocen todas las regulaciones aplicables y las cumplen. En la práctica, los empresarios pueden emplear un tiempo considerable en averiguar a qué lugar acudir y qué documentos presentar o bien pueden eludir los procedimientos legalmente exigidos; por ejemplo al no darse de alta en la seguridad social. Cuando la regulación es particularmente onerosa, los niveles de informalidad son mayores. La informalidad tiene un costo: las empresas en el sector informal generalmente crecen a ritmo inferior, les es más difícil acceder al crédito y emplean menos trabajadores, quienes permanecen al margen de la protección del derecho laboral [22].

Doing Business en Colombia 2013 estudia un grupo de factores que contribuyen a explicar la incidencia de la informalidad y brinda a los responsables de las políticas públicas un mejor entendimiento de las áreas potenciales de reforma. Para una comprensión más completa del entorno empresarial y una perspectiva más amplia de los desafíos de las políticas de reforma, se requiere la observación combinada de *Doing Business en Colombia 2013* con datos de otras fuentes, por ejemplo las Encuestas de Empresa del Banco Mundial [23] [24].

### **3.1.4 Metodología y datos**

*Doing Business en Colombia 2013* abarca 23 ciudades, incluyendo Bogotá. Los datos se basan en las leyes y regulaciones nacionales, departamentales y municipales, así como en los requisitos administrativos. A continuación se presentan las variables y criterios considerados por la metodología.

**Tabla 7.** Variables y criterios considerados por la metodología Doing Business

Variable	Criterios
<b>Apertura de un negocio</b>	Procedimientos (número)
	Tiempo (días)
	Costo (% ingreso per cápita)
	Requisito de capital mínimo pagado (% ingreso per cápita)
<b>Obtención de permisos de construcción</b>	Procedimientos (número)
	Tiempo (días)
	Costo (% ingreso per cápita)
<b>Registro de propiedades</b>	Procedimientos (número)
	Tiempo (días)
	Costo (% del valor de la propiedad)
<b>Pago de impuestos</b>	Pagos (número)
	Tiempo (horas)
	Tasa total de impuestos (% de ganancia)

Fuente: Reporte Doing Business Colombia 2010.

#### **3.1.4.1 Apertura de un Negocio. ¿Qué se mide?**

*Doing Business* registra todos los trámites que oficialmente necesita un empresario para crear y poner en marcha formalmente una empresa. Entre ellos se incluyen la obtención de las licencias y permisos necesarios, y dar respuesta a los requisitos necesarios de notificación, verificación e inscripción de la empresa y de sus empleados ante las autoridades correspondientes. La empresa estándar que se analiza en el informe es una pequeña o mediana empresa que realiza actividades generales en el sector de la industria o comercio [25].

#### **3.1.4.2 Obtención de permisos de construcción. ¿Qué se mide?**

*Doing Business* analiza los permisos de construcción como ejemplo de regulaciones relativas a la concesión de licencias a las que tienen que enfrentarse las empresas. Este indicador mide los trámites, tiempo y costo de construir una bodega, conectarla a los servicios públicos de suministro e inscribirla. Los trámites registrados incluyen: remisión de los documentos relativos al proyecto (planos de edificación, mapas del lote), obtención de autorizaciones y licencias, la superación de todas las visitas de inspección y la obtención de las conexiones a las redes de electricidad, agua, alcantarillado y telefonía. Se calcula el tiempo y costo de completar cada trámite en circunstancias normales. Se incluyen también todas las tarifas oficiales asociadas a estos trámites. Se supone que dicho edificio será utilizado para el almacenamiento de mercancías no peligrosas y se halla situado en la periferia urbana de la ciudad de referencia [26].

#### **3.1.4.3 Registro de propiedades. ¿Qué se mide?**

*Doing Business* registra la secuencia de trámites, tiempo y costo necesarios para transmitir título de propiedad desde un negocio local a otro, cuando una sociedad compra un terreno y un edificio. Se registran todos los trámites hasta que el comprador puede establecer su negocio en dicha propiedad, vender la propiedad a otra empresa o emplearla como garantía



para obtener un crédito. Se entiende que la propiedad está registrada y libre de cargas y disputas por los títulos [27].

#### **3.1.4.4 Pago de impuestos. ¿Qué se mide?**

*Doing Business* registra todos los impuestos y contribuciones obligatorias que debe pagar una mediana empresa en el ejercicio fiscal. También mide la carga administrativa de pagar estos impuestos y contribuciones. Al hacer esto, *Doing Business* va más allá de la definición tradicional de impuesto, con base en las cuentas nacionales del país y por tanto referido a los tributos obligatorios y sin contrapartida del gobierno en general. *Doing Business* se aleja de esta definición porque analiza las cargas impositivas que afecten la contabilidad de la empresa, y no las cuentas del gobierno. La principal diferencia se refiere a las contribuciones laborales y al impuesto sobre el valor agregado. La medición de *Doing Business* se refiere a contribuciones impuestas por el gobierno que el empleador debe pagar a un fondo de pensiones con contrapartida, o a un fondo de seguro de los trabajadores. Excluye los impuestos sobre el valor añadido porque no afectan a los ingresos contables de las empresas, es decir, no se reflejan en la declaración de la renta [28].

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de las variables, criterios e indicadores considerados en la metodología *Doing Business* para la clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios.

### **3.1.5 Análisis de la metodología utilizada para la medición de 23 ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios**

#### **3.1.5.1 Etapa 1 (estimación del rango percentil para cada uno de los criterios considerados en cada una de las variables a analizar)**

El análisis de cada uno de los criterios considerados para cada una de las variables, comienza con el cálculo del rango percentil de cada una de las 23 ciudades (posición relativa de un valor en un conjunto de datos con respecto al conjunto de estos o porcentaje de casos que recibió puntuaciones más bajas que el dato al cual se calcula el rango percentil).

*Doing Business* realizó esta estimación con la función RANGO.PERCENTIL disponible en Microsoft Excel 2010 y versiones anteriores. Para versiones más recientes puede utilizarse la función RANGO.PERCENTIL.INC. Durante el presente análisis se compararon los resultados arrojados por ambas funciones y se pudo comprobar que en todos los casos los resultados son idénticos.

También puede calcularse –de forma manual, el rango percentil de cada valor asociado a cada uno de los criterios respecto del conjunto de valores ( $N = 23$  ciudades), como el cociente entre la cantidad de valores menores que el dato en cuestión y la cantidad de ciudades a analizar menos uno ( $N - 1 = 22$ ).

### 3.1.5.1.1 Estimación del rango percentil de los criterios considerados para la variable apertura de un negocio

A continuación en las tablas 8, 9, 10 se presenta la estimación del rango percentil de los criterios; procedimientos, tiempo y costo; los cuales corresponden a la variable apertura de un negocio.

**Tabla 8.** Estimación rango percentil para el criterio procedimientos (número)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Procedimientos (número)	Rango percentil	Procedimientos (número)	Rango percentil
Armenia	9	0,0	8	0,0
Barranquilla	11	0.55	9	0,14
Bogotá	10	0.32	9	0,14
Bucaramanga	9	0,0	9	0,14
Cali	9	0,0	11	0,59
Cartagena	9	0,0	11	0,59
Cúcuta	12	0.73	10	0,45
Ibagué	10	0.32	10	0,45
Manizales	10	0.32	9	0,14
Medellín	10	0.32	9	0,14
Montería	15	0.91	15	0,95
Neiva	9	0,0	8	0,0
Pasto	11	0.55	11	0,59
Pereira	9	0,0	8	0,0
Popayán	14	0.82	12	0,73
Riohacha	13	0.77	12	0,73
Santa Marta	9	0,0	9	0,14
Sincelejo	11	0.55	12	0,73
Tunja	17	0.95	16	1,00
Valledupar	17	0.95	14	0,91
Villavicencio	11	0.55	10	0,45
Dosquebradas	14	0.82	12	0,73
Palmira	10	0.32	9	0,14

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Barranquilla es de 0.55 (11 procedimientos), lo cual indica que el 55% de las ciudades consideradas (12 / 22) en la medición requieren menos de 11 procedimientos o trámites para la apertura de un negocio y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Barranquilla. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Armenia), requiere la menor cantidad de procedimientos o trámites (9), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

El 42% de los trámites para la “**Apertura de un negocio**” (8 / 19) son comunes para las 23 ciudades. Estos son:

- ✓ Registrar la empresa ante el Registro Mercantil, obtener el certificado de existencia y representación legal, registrar los libros de la empresa e inscribirse ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) en el Centro de Atención Empresarial (CAE) de la Cámara de Comercio
- ✓ Abrir una cuenta bancaria

- ✓ Registrar la empresa ante la caja de compensación familiar, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF)
- ✓ Registrar la empresa ante una Administradora de Riesgos Profesionales (ARP)
- ✓ Afiliar a los empleados al sistema público de pensiones
- ✓ Afiliar a los empleados a un fondo de pensiones privado
- ✓ Inscribir a los empleados a un plan obligatorio de salud
- ✓ Afiliar a los empleados a un fondo de cesantías

**Tabla 9.** Estimación rango percentil para el criterio Tiempo (días)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Tiempo (días)	Rango percentil	Tiempo (días)	Rango percentil
Armenia	10	0,0	12	0,27
Barranquilla	20	0.77	17	0,45
Bogotá	16	0.55	20	0,64
Bucaramanga	11	0.09	38	1,00
Cali	11	0.09	13	0,36
Cartagena	14	0.50	27	0,77
Cúcuta	18	0.59	15	0,41
Ibagué	11	0.09	17	0,45
Manizales	12	0.36	10	0,05
Medellín	11	0.09	12	0,27
Montería	18	0.59	20	0,64
Neiva	10	0,0	8	0,0
Pasto	18	0.59	19	0,59
Pereira	11	0.09	11	0,14
Popayán	22	0.82	28	0,82
Riohacha	22	0.82	32	0,91
Santa Marta	11	0.09	10	0,05
Sincelejo	18	0.59	18	0,55
Tunja	34	0.95	30	0,86
Valledupar	23	0.91	24	0,73
Villavicencio	13	0.41	11	0,14
Dosquebradas	40	1.00	37	0,95
Palmira	13	0.41	11	0,14

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Pereira es de 0.09 (11 días), lo cual indica que el 9% de las ciudades consideradas (2 / 22) en la medición requieren menos de 11 días para realizar los trámites conducentes a la apertura de un negocio y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Pereira. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Armenia), requiere la menor cantidad de días (10), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

**Tabla 10.** Estimación rango percentil para el criterio Costo (% ingreso per cápita)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Costo(% ingreso per cápita)	Rango percentil	Costo(% ingreso per cápita)	Rango percentil
Armenia	6.7	0,0	13,2	0,05
Barranquilla	7.6	0.18	14,9	0,73

Bogotá	7.6	0.05	14,3	0,18
Bucaramanga	12.0	0.95	18,9	0,91
Cali	7.8	0.45	14,5	0,36
Cartagena	7.6	0.05	19,4	0,95
Cúcuta	8.3	0.77	14,8	0,64
Ibagué	7.6	0.14	14,2	0,09
Manizales	7.6	0.23	14,3	0,23
Medellín	8.7	0.82	15,6	0,82
Montería	9.2	0.86	14,8	0,68
Neiva	22.6	1.00	29,2	1,00
Pasto	7.7	0.41	12,4	0,0
Pereira	7.7	0.36	14,3	0,27
Popayán	7.9	0.68	14,8	0,59
Riohacha	7.8	0.55	14,6	0,45
Santa Marta	7.6	0.32	14,7	0,50
Sincelejo	7.6	0.27	14,4	0,32
Tunja	7.8	0.59	14,6	0,41
Valledupar	7.8	0.50	14,2	0,14
Villavicencio	10.9	0.91	17,6	0,86
Dosquebradas	8.0	0.73	15,0	0,77
Palmira	7.8	0.64	14,7	0,55

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Bogotá es de 0.05 (7,6% del ingreso per cápita estimado por el Banco Mundial para Colombia), lo cual indica que el 5% de las ciudades consideradas (1 / 22) en la medición presentan costos menores al 7.6% para cubrir los trámites conducentes a la apertura de un negocio y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Bogotá. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Armenia), demanda el menor costo (6,7%), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

Tal como puede observarse en las tablas 8, 9 y 10, algunas ciudades han reducido / aumentado los criterios para la apertura de un negocio; lo anterior se presenta como consecuencia de las recomendaciones de Doing Business Colombia, las reformas a nivel de los gobiernos local y/o nacional y la adopción de buenas prácticas existentes en otras ciudades. Pueden mencionarse: creación de los CAE, implementación de la ventanilla única, unificación y centralización de trámites, comités de seguimiento a reformas y la implementación de servicios electrónicos.

El Anexo No. 3 presenta en detalle la evolución de la facilidad para hacer negocios en las principales ciudades colombianas a partir de las recomendaciones del Doing Business.

### ***3.1.5.1.2 Estimación del rango percentil de los criterios considerados para la variable obtención de permisos de construcción***

A continuación en las tablas 11, 12, 13 se presenta la estimación del rango percentil de los criterios; procedimientos, tiempo y costo; los cuales corresponden a la variable obtención de permisos de construcción.

**Tabla 11.** Estimación rango percentil para el criterio Procedimientos (número)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Procedimientos (número)	Rango percentil	Procedimientos (número)	Rango percentil
Armenia	10	0.55	12	0,73
Barranquilla	9	0.32	9	0,00
Bogotá	8	0,0	9	0,00
Bucaramanga	11	0.73	14	0,91
Cali	10	0.55	14	0,91
Cartagena	8	0,0	10	0,23
Cúcuta	9	0.32	10	0,23
Ibagué	9	0.32	10	0,23
Manizales	8	0,0	9	0,00
Medellín	8	0,0	9	0,00
Montería	9	0.32	11	0,45
Neiva	13	0.95	13	0,77
Pasto	10	0.55	11	0,45
Pereira	8	0,0	11	0,45
Popayán	11	0.73	13	0,77
Riohacha	11	0.73	11	0,45
Santa Marta	8	0,0	9	0,00
Sincelejo	13	0.95	11	0,45
Tunja	11	0.73	13	0,77
Valledupar	9	0.32	10	0,23
Villavicencio	10	0.55	11	0,45
Dosquebradas	8	0,0	10	0,23
Palmira	11	0.73	14	0,91

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Armenia es de 0.55 (10 procedimientos), lo cual indica que el 55% de las ciudades consideradas (12 / 22) en la medición requieren menos de 10 procedimientos o trámites para la obtención de un permiso de construcción y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Armenia. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Bogotá), requiere la menor cantidad de procedimientos o trámites (8), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

Únicamente el 12.5% de los trámites para la “**Obtención de permisos de construcción**” (5 / 40) son comunes para las 23 ciudades, estos son:

- ✓ Obtención del certificado de tradición y libertad de la propiedad
- ✓ Obtención de autorización previa para conexión de servicios de agua
- ✓ Solicitar conexión al servicio de energía eléctrica
- ✓ Obtención de la conexión telefónica
- ✓ Obtención de la conexión eléctrica

**Tabla 12.** Estimación rango percentil para el criterio Tiempo (días)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Tiempo (días)	Rango percentil	Tiempo (días)	Rango percentil
Armenia	62	0.09	64	0,05
Barranquilla	114	0.82	114	0,68

Bogotá	54	0.05	47	0,00
Bucaramanga	101	0.68	119	0,82
Cali	95	0.64	122	0,91
Cartagena	78	0.41	80	0,41
Cúcuta	69	0.27	73	0,27
Ibagué	138	1.00	184	1,00
Manizales	39	0,0	72	0,23
Medellín	119	0.95	164	0,95
Montería	71	0.32	74	0,32
Neiva	84	0.55	84	0,55
Pasto	115	0.86	116	0,77
Pereira	63	0.18	66	0,18
Popayán	62	0.09	64	0,05
Riohacha	80	0.45	80	0,41
Santa Marta	74	0.36	75	0,36
Sincelejo	83	0.50	81	0,50
Tunja	89	0.59	91	0,59
Valledupar	118	0.91	119	0,82
Villavicencio	113	0.77	114	0,68
Dosquebradas	63	0.18	65	0,14
Palmira	101	0.68	105	0,64

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Armenia es de 0.09 (62 días), lo cual indica que el 9% de las ciudades consideradas (2 / 22) en la medición requieren menos de 62 días para realizar los trámites conducentes a la obtención de un permiso de construcción y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Armenia. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Manizales), requiere la menor cantidad de días (39), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

**Tabla 13.** Estimación rango percentil para el criterio Costo (% ingreso per cápita)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Costo(% ingreso per cápita)	Rango percentil	Costo(% ingreso per cápita)	Rango percentil
Armenia	79.1172027	0.09	85,6621591	0,09
Barranquilla	144.8257567	0.73	144,597029	0,64
Bogotá	311.9966681	1.00	354,019232	1,00
Bucaramanga	80.74579873	0.14	86,1496151	0,14
Cali	135.0921769	0.59	120,06334	0,45
Cartagena	296.3297441	0.95	349,031229	0,95
Cúcuta	198.0620791	0.86	161,117722	0,77
Ibagué	92.40492983	0.23	98,8428983	0,23
Manizales	156.9496881	0.77	168,755212	0,82
Medellín	175.8808277	0.82	190,748666	0,86
Montería	96.65534602	0.27	108,454339	0,36
Neiva	75.67368446	0.05	75,5427049	0,00
Pasto	111.5117849	0.41	120,418815	0,50
Pereira	104.2233762	0.32	87,0020397	0,18
Popayán	124.1027475	0.55	143,416743	0,59
Riohacha	83.92219939	0.18	101,910078	0,27
Santa Marta	121.6870789	0.50	133,466136	0,55

Sincelejo	119.2329835	0.45	102,514274	0,32
Tunja	68.15316673	0,0	76,9114029	0,05
Valledupar	136.7981304	0.64	159,681935	0,73
Villavicencio	139.009247	0.68	153,996207	0,68
Dosquebradas	110.3782136	0.36	119,95473	0,41
Palmira	279.9028618	0.91	200,185514	0,91

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Armenia es de 0.09 (74,12% del ingreso per cápita estimado por el Banco Mundial para Colombia), lo cual indica que el 9% de las ciudades consideradas (2 / 22) en la medición presentan costos menores al 74.12% para cubrir los trámites conducentes a la obtención de un permiso de construcción y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Armenia. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Tunja), demanda el menor costo (68,15%), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

Tal como puede observarse en las tablas 11, 12 y 13, algunas ciudades han reducido / aumentado los criterios para la obtención de permisos de construcción; lo anterior se presenta como consecuencia de las recomendaciones de Doing Business Colombia, las reformas a nivel de los gobiernos local y/o nacional y la adopción de buenas prácticas existentes en otras ciudades. Pueden mencionarse: solicitudes en línea, implementación de servicios electrónicos, racionalización de inspecciones y comités de seguimiento a reformas.

El Anexo No. 3 presenta en detalle la evolución de la facilidad para hacer negocios en las principales ciudades colombianas a partir de las recomendaciones del Doing Business.

### **3.1.5.1.3 Estimación del rango percentil de los criterios considerados para la variable registro de propiedades**

A continuación en las tablas 14, 15, 16 se presenta la estimación del rango percentil de los criterios; procedimientos, tiempo y costo; los cuales corresponden a la variable registro de propiedades.

**Tabla 14.** Estimación rango percentil para el criterio Procedimientos (número)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Procedimientos (número)	Rango percentil	Procedimientos (número)	Rango percentil
Armenia	11	0.41	11	0,27
Barranquilla	12	0.68	13	0,91
Bogotá	7	0,0	7	0,00
Bucaramanga	13	0.91	13	0,91
Cali	13	0.91	11	0,27
Cartagena	12	0.68	12	0,73
Cúcuta	12	0.68	13	0,91
Ibagué	8	0.05	8	0,05
Manizales	9	0.09	10	0,14
Medellín	10	0.23	10	0,14
Montería	12	0.68	12	0,73
Neiva	11	0.41	11	0,27

Pasto	10	0.23	11	0,27
Pereira	11	0.41	11	0,27
Popayán	11	0.41	11	0,27
Riohacha	9	0.09	9	0,09
Santa Marta	11	0.41	11	0,27
Sincelejo	13	0.91	11	0,27
Tunja	10	0.23	10	0,14
Valledupar	9	0.09	11	0,27
Villavicencio	10	0.23	11	0,27
Dosquebradas	11	0.41	12	0,73
Palmira	12	0.68	12	0,73

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Armenia es de 0.41 (11 procedimientos), lo cual indica que el 41% de las ciudades consideradas (9 / 22) en la medición requieren menos de 11 procedimientos o trámites para el registro de una propiedad y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Armenia. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Bogotá), requiere la menor cantidad de procedimientos o trámites (7), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

Únicamente el 18% de los trámites para la “**Registro de propiedades**” (5 / 28) son comunes para las 23 ciudades, estos son:

- ✓ Obtención del certificado de tradición y libertad de la propiedad
- ✓ Obtención del certificado de existencia y representación legal del comprador y vendedor
- ✓ Estudio de títulos de propiedad por parte de un abogado
- ✓ El notario prepara la escritura pública
- ✓ Registro de la escritura en la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos

**Tabla 15.** Estimación rango percentil para el criterio Tiempo (días)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Tiempo (días)	Rango percentil	Tiempo (días)	Rango percentil
Armenia	18	0.36	18	0,27
Barranquilla	17	0.18	18	0,27
Bogotá	15	0.09	20	0,41
Bucaramanga	21	0.55	21	0,55
Cali	32	0.91	25	0,64
Cartagena	33	0.95	35	0,95
Cúcuta	27	0.68	26	0,68
Ibagué	15	0.09	15	0,05
Manizales	11	0,0	12	0,00
Medellín	22	0.59	22	0,59
Montería	27	0.68	27	0,77
Neiva	17	0.18	17	0,18
Pasto	36	1.00	37	1,00
Pereira	19	0.41	19	0,36
Popayán	29	0.82	29	0,86
Riohacha	26	0.64	26	0,68
Santa Marta	17	0.18	17	0,18
Sincelejo	17	0.18	15	0,05



Tunja	20	0.50	20	0,41
Valledupar	13	0.05	16	0,14
Villavicencio	29	0.82	30	0,91
Dosquebradas	19	0.41	20	0,41
Palmira	27	0.68	27	0,77

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Armenia es de 0.36 (18 días), lo cual indica que el 36% de las ciudades consideradas (8 / 22) en la medición requieren menos de 18 días para realizar los trámites conducentes al registro de una propiedad y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Armenia. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Manizales), requiere la menor cantidad de días (11), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

**Tabla 16.** Estimación rango percentil para el criterio Costo (% del valor de la propiedad)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Costo(% del valor de la propiedad)	Rango percentil	Costo(% del valor de la propiedad)	Rango percentil
Armenia	2.6	0.86	2,6	0,82
Barranquilla	4.0	1.00	4,0	1,00
Bogotá	2.0	0.32	2,0	0,50
Bucaramanga	2.4	0.77	2,5	0,73
Cali	2.1	0.55	2,1	0,55
Cartagena	2.6	0.91	2,7	0,91
Cúcuta	2.1	0.45	2,1	0,64
Ibagué	1.9	0,0	1,9	0,00
Manizales	1.9	0.05	2,0	0,18
Medellín	2.2	0.59	2,3	0,68
Montería	2.0	0.36	2,0	0,41
Neiva	3.4	0.95	3,4	0,95
Pasto	1.9	0.18	2,0	0,23
Pereira	2.4	0.73	1,9	0,14
Popayán	2.0	0.41	2,0	0,45
Riohacha	1.9	0.23	2,0	0,32
Santa Marta	2.4	0.82	2,7	0,86
Sincelejo	2.0	0.27	2,0	0,36
Tunja	1.9	0.14	1,9	0,09
Valledupar	1.9	0.09	2,0	0,27
Villavicencio	2.3	0.64	2,5	0,77
Dosquebradas	2.4	0.68	1,9	0,05
Palmira	2.1	0.50	2,1	0,59

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Armenia es de 0.86 (2,6% del valor de la propiedad, el cual se presume equivalente a 50 veces el ingreso per cápita del país), lo cual indica que el 86% de las ciudades consideradas (19 / 22) en la medición presentan costos menores al 2,6% para cubrir los trámites conducentes al registro de una propiedad y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Armenia. Un

percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Ibagué), demanda el menor costo (1,9%), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

Tal como puede observarse en las tablas 14, 15 y 16, algunas ciudades han reducido / aumentado los criterios para el registro de propiedades; lo anterior se presenta como consecuencia de las recomendaciones de Doing Business Colombia, las reformas a nivel de los gobiernos local y/o nacional y la adopción de buenas prácticas existentes en otras ciudades. Pueden mencionarse: solicitudes en línea, implementación de servicios y pagos electrónicos, obtención de certificados electrónicos, combinar trámites, mejorar el sistema de información de registro (SIR), vincular oficinas de registro con las de catastro.

El Anexo No. 3 presenta en detalle la evolución de la facilidad para hacer negocios en las principales ciudades colombianas a partir de las recomendaciones del Doing Business.

#### **3.1.5.1.4 Estimación del rango percentil de los criterios considerados para la variable pago de impuestos**

A continuación en las tablas 17, 18, 19 se presenta la estimación del rango percentil de los criterios; pagos, tiempo y tasa total de impuestos; los cuales corresponden a la variable pago de impuestos.

**Tabla 17.** Estimación rango percentil para el criterio Pagos (número)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Pagos (número)	Rango percentil	Pagos (número)	Rango percentil
Armenia	22	0.86	28	0,77
Barranquilla	16	0.59	22	0,50
Bogotá	10	0,0	21	0,41
Bucaramanga	10	0,0	16	0,00
Cali	22	0.86	28	0,77
Cartagena	16	0.59	22	0,50
Cúcuta	16	0.59	22	0,50
Ibagué	10	0,0	16	0,00
Manizales	10	0,0	27	0,73
Medellín	10	0,0	28	0,77
Montería	10	0,0	16	0,00
Neiva	16	0.59	22	0,50
Pasto	22	0.86	28	0,77
Pereira	21	0.82	30	0,95
Popayán	10	0,0	16	0,00
Riohacha	15	0.55	21	0,41
Santa Marta	16	0.59	22	0,50
Sincelejo	10	0,0	16	0,00
Tunja	10	0,0	16	0,00
Valledupar	10	0,0	16	0,00
Villavicencio	10	0,0	16	0,00
Dosquebradas	10	0,0	16	0,00
Palmira	22	0.86	33	1,00

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Armenia es de 0.86 (22 pagos), lo cual indica que el 86% de las ciudades consideradas (19 / 22) en la medición requieren menos de 22 pagos de impuestos y contribuciones y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Armenia. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Bogotá), requiere la menor cantidad de pagos de impuestos y contribuciones (10), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

**Tabla 18.** Estimación rango percentil para el criterio Tiempo (horas)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Tiempo (horas)	Rango percentil	Tiempo (horas)	Rango percentil
Armenia	203	0.00	208	0,00
Barranquilla	203	0.00	208	0,00
Bogotá	203	0.00	208	0,00
Bucaramanga	203	0.00	208	0,00
Cali	203	0.00	208	0,00
Cartagena	203	0.00	208	0,00
Cúcuta	203	0.00	208	0,00
Ibagué	203	0.00	208	0,00
Manizales	203	0.00	208	0,00
Medellín	203	0.00	208	0,00
Montería	203	0.00	208	0,00
Neiva	203	0.00	208	0,00
Pasto	203	0.00	208	0,00
Pereira	203	0.00	208	0,00
Popayán	203	0.00	208	0,00
Riohacha	203	0.00	208	0,00
Santa Marta	203	0.00	208	0,00
Sincelejo	203	0.00	208	0,00
Tunja	203	0.00	208	0,00
Valledupar	203	0.00	208	0,00
Villavicencio	203	0.00	208	0,00
Dosquebradas	203	0.00	208	0,00
Palmira	203	0.00	208	0,00

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil estimado para las 23 ciudades consideradas es de 0.0 (203 horas), lo cual corresponde al tiempo requerido en horas por año (estandarizado por los colegios de contadores públicos) para preparar, presentar y pagar (o retener) los tres tipos principales de impuestos: el impuesto sobre los ingresos de la empresa, el impuesto sobre las ventas, y los impuestos laborales.

**Tabla 19.** Estimación rango percentil para el criterio Tasa total de impuestos (% de ganancia)

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Tasa total de impuestos (% de ganancia)	Rango percentil	Tasa total de impuestos (% de ganancia)	Rango percentil
Armenia	66.5	0,0	67,2	0,09
Barranquilla	72.0	0.77	72,2	0,73

Bogotá	76.2	1.00	76,7	1,00
Bucaramanga	70.3	0.50	70,9	0,55
Cali	71.9	0.68	71,9	0,68
Cartagena	71.9	0.64	72,5	0,77
Cúcuta	69.8	0.36	70,5	0,41
Ibagué	67.0	0.09	67,9	0,14
Manizales	68.9	0.23	69,6	0,27
Medellín	72.2	0.86	72,8	0,91
Montería	68.9	0.27	69,6	0,23
Neiva	67.9	0.18	69,7	0,32
Pasto	70.0	0.41	70,7	0,45
Pereira	66.6	0.05	66,7	0,00
Popayán	70.1	0.45	70,8	0,50
Riohacha	70.6	0.55	71,1	0,59
Santa Marta	72.1	0.82	72,8	0,86
Sincelejo	72.2	0.91	67,2	0,05
Tunja	72.3	0.95	73,0	0,95
Valledupar	72.0	0.73	72,6	0,82
Villavicencio	69.0	0.32	69,8	0,36
Dosquebradas	67.4	0.14	68,1	0,18
Palmira	71.6	0.59	71,3	0,64

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** para el año 2013 el percentil para la ciudad de Pereira es de 0.05 (66,6% de impuestos sobre ganancia o beneficios comerciales del año fiscal), lo cual indica que el 5% de las ciudades consideradas (1 / 22) en la medición presentan tasas de impuestos menores al 66,6% y por consiguiente se consideran más eficientes que la ciudad de Pereira. Un percentil de 0.0 indica que la respectiva ciudad (p.e. Armenia), presenta la menor tasa de impuestos (66,5%), con respecto a las restantes 22 ciudades consideradas.

Tal como puede observarse en las tablas 17, 18 y 19, algunas ciudades han reducido / aumentado los criterios para el pago de impuestos; lo anterior se presenta como consecuencia de las recomendaciones de Doing Business Colombia, las reformas a nivel de los gobiernos local y/o nacional y la adopción de buenas prácticas existentes en otras ciudades. Pueden mencionarse: crear sistemas electrónicos, implementación de servicios y pagos electrónicos, ventanilla única.

El Anexo No. 3 presenta en detalle la evolución de la facilidad para hacer negocios en las principales ciudades colombianas a partir de las recomendaciones del Doing Business.

### **3.1.5.2 Etapa 2 (estimación del percentil para cada variable a analizar)**

A partir del rango percentil de los diferentes criterios considerados, se estima el percentil para cada una de las variables como el promedio de los rangos percentiles de los criterios considerados.

#### **3.1.5.2.1 Estimación del percentil para la variable apertura de un negocio en los años 2010 y 2013**

A continuación en las tablas 20, 21 se presenta la estimación para los años 2010 y 2013.

**Tabla 20.** Estimación rango percentil para Variable: Apertura de un negocio 2013

Ciudad	Doing Business Colombia 2013 (Criterios considerados)				Variable Apertura de un negocio (percentil promedio)
	Procedimientos (número)	Tiempo (días)	Costo(% ingreso per cápita)	Requisito de capital mínimo pagado (% de ingreso per cápita)	
Armenia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Barranquilla	0.55	0.77	0.18	0,0	0.38
Bogotá	0.32	0.55	0.05	0,0	0.23
Bucaramanga	0,0	0.09	0.95	0,0	0.26
Cali	0,0	0.09	0.45	0,0	0.14
Cartagena	0,0	0.50	0.05	0,0	0.14
Cúcuta	0.73	0.59	0.77	0,0	0.52
Ibagué	0.32	0.09	0.14	0,0	0.14
Manizales	0.32	0.36	0.23	0,0	0.23
Medellín	0.32	0.09	0.82	0,0	0.31
Montería	0.91	0.59	0.86	0,0	0.59
Neiva	0,0	0,0	1.00	0,0	0.25
Pasto	0.55	0.59	0.41	0,0	0.39
Pereira	0,0	0.09	0.36	0,0	0.11
Popayán	0.82	0.82	0.68	0,0	0.58
Riohacha	0.77	0.82	0.55	0,0	0.54
Santa Marta	0,0	0.09	0.32	0,0	0.10
Sincelejo	0.55	0.59	0.27	0,0	0.35
Tunja	0.95	0.95	0.59	0,0	0.62
Valledupar	0.95	0.91	0.50	0,0	0.59
Villavicencio	0.55	0.41	0.91	0,0	0.47
Dosquebradas	0.82	1.00	0.73	0,0	0.64
Palmira	0.32	0.41	0.64	0,0	0.34

Fuente: Elaboración propia

### Comentario:

A partir del promedio simple de los percentiles de los criterios: procedimientos, tiempo y costo, se obtiene el percentil para la variable “Apertura de un negocio”.

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de esta variable.

El informe Doing Business Colombia 2013 reporta un valor de 0,0 en el criterio “Requisito de capital mínimo pagado” para las 23 ciudades consideradas en la medición. En todo caso es considerado para la estimación del percentil promedio de la variable “Apertura de un negocio”.

**Tabla 21.** Estimación rango percentil para Variable: Apertura de un negocio 2010

Ciudad	Doing Business Colombia 2010 (Criterios considerados)				Variable Apertura de un negocio (percentil promedio)
	Procedimientos (número)	Tiempo (días)	Costo(% ingreso per cápita)	Requisito de capital mínimo pagado (% de ingreso per cápita)	
Armenia	0,0	0,27	0,05	0,0	0,08
Barranquilla	0,14	0,45	0,73	0,0	0,33
Bogotá	0,14	0,64	0,18	0,0	0,24
Bucaramanga	0,14	1,00	0,91	0,0	0,51
Cali	0,59	0,36	0,36	0,0	0,33
Cartagena	0,59	0,77	0,95	0,0	0,58
Cúcuta	0,45	0,41	0,64	0,0	0,38
Ibagué	0,45	0,45	0,09	0,0	0,25
Manizales	0,14	0,05	0,23	0,0	0,11
Medellín	0,14	0,27	0,82	0,0	0,31
Montería	0,95	0,64	0,68	0,0	0,57
Neiva	0,0	0,0	1,00	0,0	0,25
Pasto	0,59	0,59	0,0	0,0	0,30
Pereira	0,0	0,14	0,27	0,0	0,10
Popayán	0,73	0,82	0,59	0,0	0,54
Riohacha	0,73	0,91	0,45	0,0	0,52
Santa Marta	0,14	0,05	0,50	0,0	0,17
Sincelejo	0,73	0,55	0,32	0,0	0,40
Tunja	1,00	0,86	0,41	0,0	0,57
Valledupar	0,91	0,73	0,14	0,0	0,45
Villavicencio	0,45	0,14	0,86	0,0	0,36
Dosquebradas	0,73	0,95	0,77	0,0	0,61
Palmira	0,14	0,14	0,55	0,0	0,21

Fuente: Elaboración propia

### Comentario:

A partir del promedio simple de los percentiles de los criterios: procedimientos, tiempo y costo, se obtiene el percentil para la variable “Apertura de un negocio”.

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de esta variable.

El informe Doing Business Colombia 2010 reporta un valor de 0,0 en el criterio “Requisito de capital mínimo pagado” para las 23 ciudades consideradas en la medición. En todo caso es considerado para la estimación del percentil promedio de la variable “Apertura de un negocio”.

### Observación:

La metodología *Doing Business* asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados, al momento de estimar el percentil para la clasificación de las 23 ciudades según la variable **Apertura de un negocio**.

### 3.1.5.2.2 Estimación del percentil para la variable obtención de permisos de construcción en los años 2010 y 2013

A continuación en las tablas 22, 23 se presenta la estimación para los años 2010 y 2013.

**Tabla 22.** Estimación rango percentil para Variable: Obtención de permisos de construcción 2013

Ciudad	Doing Business Colombia 2013 (Criterios considerados)				Variable Obtención de permisos de construcción (percentil promedio)
	Procedimientos (número)	Tiempo (días)	Costo(% ingreso per cápita)		
Armenia	0.55	0.09	0.09		0.24
Barranquilla	0.32	0.82	0.73		0.62
Bogotá	0,0	0.05	1.00		0.35
Bucaramanga	0.73	0.68	0.14		0.52
Cali	0.55	0.64	0.59		0.59
Cartagena	0,0	0.41	0.95		0.45
Cúcuta	0.32	0.27	0.86		0.48
Ibagué	0.32	1.00	0.23		0.52
Manizales	0,0	0,0	0.77		0.26
Medellín	0,0	0.95	0.82		0.59
Montería	0.32	0.32	0.27		0.30
Neiva	0.95	0.55	0.05		0.52
Pasto	0.55	0.86	0.41		0.61
Pereira	0,0	0.18	0.32		0.17
Popayán	0.73	0.09	0.55		0.46
Riohacha	0.73	0.45	0.18		0.45
Santa Marta	0,0	0.36	0.50		0.29
Sincelejo	0.95	0.50	0.45		0.63
Tunja	0.73	0.59	0,0		0.44
Valledupar	0.32	0.91	0.64		0.62
Villavicencio	0.55	0.77	0.68		0.67
Dosquebradas	0,0	0.18	0.36		0.18
Palmira	0.73	0.68	0.91		0.77

Fuente: Elaboración propia

#### Comentario:

A partir del promedio simple de los percentiles de los criterios: procedimientos, tiempo y costo, se obtiene el percentil para la variable “Obtención de permisos de construcción”.

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de esta variable.

**Tabla 23.** Estimación rango percentil para Variable: Obtención de permisos de construcción 2010

Ciudad	Doing Business Colombia 2010 (Criterios considerados)				Variable Obtención de permisos de construcción (percentil promedio)
	Procedimientos (número)	Tiempo (días)	Costo(% ingreso per cápita)		
Armenia	0,73	0,05	0,09		0,29
Barranquilla	0,00	0,68	0,64		0,44
Bogotá	0,0	0,00	1,00		0,33
Bucaramanga	0,91	0,82	0,14		0,62
Cali	0,91	0,91	0,45		0,76
Cartagena	0,23	0,41	0,95		0,53
Cúcuta	0,23	0,27	0,77		0,42
Ibagué	0,23	1,00	0,23		0,49
Manizales	0,00	0,23	0,82		0,35
Medellín	0,00	0,95	0,86		0,60
Montería	0,45	0,32	0,36		0,38
Neiva	0,77	0,55	0,00		0,44
Pasto	0,45	0,77	0,50		0,57
Pereira	0,45	0,18	0,18		0,27
Popayán	0,77	0,05	0,59		0,47
Riohacha	0,45	0,41	0,27		0,38
Santa Marta	0,00	0,36	0,55		0,30
Sincelejo	0,45	0,50	0,32		0,42
Tunja	0,77	0,59	0,05		0,47
Valledupar	0,23	0,82	0,73		0,59
Villavicencio	0,45	0,68	0,68		0,61
Dosquebradas	0,23	0,14	0,41		0,26
Palmira	0,91	0,64	0,91		0,82

Fuente: Elaboración propia

#### **Comentario:**

A partir del promedio simple de los percentiles de los criterios: procedimientos, tiempo y costo, se obtiene el percentil para la variable “Obtención de permisos de construcción”.

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de esta variable.

**Observación:** La metodología *Doing Business* asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados, al momento de estimar el percentil para la clasificación de las 23 ciudades según la variable **Obtención de permisos de construcción**.

#### **3.1.5.2.3 Estimación del percentil para la variable registro de propiedades en los años 2010 y 2013**

A continuación en las tablas 24, 25 se presenta la estimación para los años 2010 y 2013.



**Tabla 24.** Estimación rango percentil para Variable: Registro de propiedades 2013

Ciudad	Doing Business Colombia 2013 (Criterios considerados)				Variable Registro de propiedades (percentil promedio)
	Procedimientos (número)	Tiempo (días)	Costo(% del valor de la propiedad)		
Armenia	0.41	0.36	0.86		0.54
Barranquilla	0.68	0.18	1.00		0.62
Bogotá	0,0	0.09	0.32		0.14
Bucaramanga	0.91	0.55	0.77		0.74
Cali	0.91	0.91	0.55		0.79
Cartagena	0.68	0.95	0.91		0.85
Cúcuta	0.68	0.68	0.45		0.60
Ibagué	0.05	0.09	0,0		0.05
Manizales	0.09	0,0	0.05		0.05
Medellín	0.23	0.59	0.59		0.47
Montería	0.68	0.68	0.36		0.57
Neiva	0.41	0.18	0.95		0.51
Pasto	0.23	1.00	0.18		0.47
Pereira	0.41	0.41	0.73		0.52
Popayán	0.41	0.82	0.41		0.55
Riohacha	0.09	0.64	0.23		0.32
Santa Marta	0.41	0.18	0.82		0.47
Sincelejo	0.91	0.18	0.27		0.45
Tunja	0.23	0.50	0.14		0.29
Valledupar	0.09	0.05	0.09		0.08
Villavicencio	0.23	0.82	0.64		0.56
Dosquebradas	0.41	0.41	0.68		0.50
Palmira	0.68	0.68	0.50		0.62

Fuente: Elaboración propia

### Comentario:

A partir del promedio simple de los percentiles de los criterios: procedimientos, tiempo y costo, se obtiene el percentil para la variable “Registro de propiedades”.

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de esta variable.

**Tabla 25.** Estimación rango percentil para Variable: Registro de propiedades 2010

Ciudad	Doing Business Colombia 2010 (Criterios considerados)				Variable Registro de propiedades (percentil promedio)
	Procedimientos (número)	Tiempo (días)	Costo(% del valor de la propiedad)		
Armenia	0,27	0,27	0,82		0,45
Barranquilla	0,91	0,27	1,00		0,73
Bogotá	0,00	0,41	0,50		0,30
Bucaramanga	0,91	0,55	0,73		0,73
Cali	0,27	0,64	0,55		0,49
Cartagena	0,73	0,95	0,91		0,86
Cúcuta	0,91	0,68	0,64		0,74
Ibagué	0,05	0,05	0,00		0,03

Manizales	0,14	0,00	0,18		0,11
Medellín	0,14	0,59	0,68		0,47
Montería	0,73	0,77	0,41		0,64
Neiva	0,27	0,18	0,95		0,47
Pasto	0,27	1,00	0,23		0,50
Pereira	0,27	0,36	0,14		0,26
Popayán	0,27	0,86	0,45		0,53
Riohacha	0,09	0,68	0,32		0,36
Santa Marta	0,27	0,18	0,86		0,44
Sincelejo	0,27	0,05	0,36		0,23
Tunja	0,14	0,41	0,09		0,21
Valledupar	0,27	0,14	0,27		0,23
Villavicencio	0,27	0,91	0,77		0,65
Dosquebradas	0,73	0,41	0,05		0,40
Palmira	0,73	0,77	0,59		0,70

Fuente: Elaboración propia

### Comentario:

A partir del promedio simple de los percentiles de los criterios: procedimientos, tiempo y costo, se obtiene el percentil para la variable “Registro de propiedades”.

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de esta variable.

**Observación:** La metodología *Doing Business* asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados, al momento de estimar el percentil para la clasificación de las 23 ciudades según la variable **Registro de propiedades**.

### 3.1.5.2.4 Estimación del percentil para la variable pago de impuestos en los años 2010 y 2013

A continuación en las tablas 26, 27 se presenta la estimación para los años 2010 y 2013.

**Tabla 26.** Estimación rango percentil para Variable: Pago de impuestos 2013

Ciudad	Doing Business Colombia 2013 (Criterios considerados)				Variable Pago de impuestos (percentil promedio)
	Pagos (número)	Tiempo (horas)	Tasa total de impuestos (% de ganancia)		
Armenia	0.86	0,0	-		0.29
Barranquilla	0.59	0,0	0.77		0.45
Bogotá	0,0	0,0	1.00		0.33
Bucaramanga	0,0	0,0	0.50		0.17
Cali	0.86	0,0	0.68		0.51
Cartagena	0.59	0,0	0.64		0.41
Cúcuta	0.59	0,0	0.36		0.32
Ibagué	0,0	0,0	0.09		0.03
Manizales	0,0	0,0	0.23		0.08
Medellín	0,0	0,0	0.86		0.29
Montería	0,0	0,0	0.27		0.09
Neiva	0.59	0,0	0.18		0.26
Pasto	0.86	0,0	0.41		0.42

Pereira	0.82	0,0	0.05		0.29
Popayán	0,0	0,0	0.45		0.15
Riohacha	0.55	0,0	0.55		0.37
Santa Marta	0.59	0,0	0.82		0.47
Sincelejo	0,0	0,0	0.91		0.30
Tunja	0,0	0,0	0.95		0.32
Valledupar	0,0	0,0	0.73		0.24
Villavicencio	0,0	0,0	0.32		0.11
Dosquebradas	0,0	0,0	0.14		0.05
Palmira	0.86	0,0	0.59		0.48

Fuente: Elaboración propia

### Comentario:

A partir del promedio simple de los percentiles de los criterios: pagos, tiempo y tasa total de impuestos, se obtiene el percentil para la variable “Pago de impuestos”.

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de esta variable.

**Tabla 27.** Estimación rango percentil para Variable: Pago de impuestos 2010

Ciudad	Doing Business Colombia 2010 (Criterios considerados)				Variable Pago de impuestos (percentil promedio)
	Pagos (número)	Tiempo (horas)	Tasa total de impuestos (% de ganancia)		
Armenia	0,77	0,00	0,09		0,29
Barranquilla	0,50	0,00	0,73		0,41
Bogotá	0,41	0,00	1,00		0,47
Bucaramanga	0,00	0,00	0,55		0,18
Cali	0,77	0,00	0,68		0,48
Cartagena	0,50	0,00	0,77		0,42
Cúcuta	0,50	0,00	0,41		0,30
Ibagué	0,00	0,00	0,14		0,05
Manizales	0,73	0,00	0,27		0,33
Medellín	0,77	0,00	0,91		0,56
Montería	0,00	0,00	0,23		0,08
Neiva	0,50	0,00	0,32		0,27
Pasto	0,77	0,00	0,45		0,41
Pereira	0,95	0,00	0,00		0,32
Popayán	0,00	0,00	0,50		0,17
Riohacha	0,41	0,00	0,59		0,33
Santa Marta	0,50	0,00	0,86		0,45
Sincelejo	0,00	0,00	0,05		0,02
Tunja	0,00	0,00	0,95		0,32
Valledupar	0,00	0,00	0,82		0,27
Villavicencio	0,00	0,00	0,36		0,12
Dosquebradas	0,00	0,00	0,18		0,06
Palmira	1,00	0,00	0,64		0,55

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:**

A partir del promedio simple de los percentiles de los criterios: pagos, tiempo y tasa total de impuestos, se obtiene el percentil para la variable “Pago de impuestos”.

El Anexo No. 2 presenta de manera detallada lo referente a la conceptualización, estimación y medición de esta variable.

**Observación:** La metodología *Doing Business* asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados, al momento de estimar el percentil para la clasificación de las 23 ciudades según la variable **Pago de impuestos**.

### 3.1.5.3 Etapa 3 (estimación de la clasificación de las 23 ciudades según cada variable a analizar)

Para la clasificación de las 23 ciudades respecto de cada una de las variables consideradas, *Doing Business* utiliza la función JERARQUIA, disponible en Microsoft Excel 2010 y versiones anteriores (a partir del percentil de cada ciudad respecto del de las demás ciudades para cada una de las variables). Para versiones más recientes puede utilizarse la función JERARQUIA.EQV. Durante el presente análisis se compararon los resultados arrojados por ambas funciones y se pudo comprobar que en todos los casos los resultados son idénticos.

La función JERARQUIA, devuelve la jerarquía de un número en una lista de números; si varios valores tienen la misma jerarquía, Ms Excel devuelve –para estos, la jerarquía superior asignada al primer valor de ese conjunto de valores (si ordenara ascendentemente la lista; la jerarquía del número sería su posición en la lista).

#### 3.1.5.3.1 Clasificación de las ciudades colombianas según la variable apertura de un negocio

A continuación se presenta la clasificación de las 23 ciudades, durante los años 2010 y 2013.

**Tabla 28.** Clasificación de ciudades colombianas según variable: Apertura de un negocio

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Facilidad de apertura de un negocio (percentil promedio)	Clasificación según Facilidad de apertura de un negocio	Facilidad de apertura de un negocio (percentil promedio)	Clasificación según Facilidad de apertura de un negocio
Armenia	0,0	1	0,08	1
Barranquilla	0.38	14	0,33	11
Bogotá	0.23	7	0,24	6
Bucaramanga	0.26	10	0,51	17
Cali	0.14	4	0,33	11
Cartagena	0.14	4	0,58	22
Cúcuta	0.52	17	0,38	14
Ibagué	0.14	4	0,25	7
Manizales	0.23	7	0,11	3
Medellín	0.31	11	0,31	10

Montería	0.59	20	0,57	20
Neiva	0.25	9	0,25	7
Pasto	0.39	15	0,30	9
Pereira	0.11	3	0,10	2
Popayán	0.58	19	0,54	19
Riohacha	0.54	18	0,52	18
Santa Marta	0.10	2	0,17	4
Sincelejo	0.35	13	0,40	15
Tunja	0.62	22	0,57	20
Valledupar	0.59	20	0,45	16
Villavicencio	0.47	16	0,36	13
Dosquebradas	0.64	23	0,61	23
Palmira	0.34	12	0,21	5

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5.3.2 Clasificación de las ciudades colombianas según la variable obtención de permisos de construcción

A continuación se presenta la clasificación de las 23 ciudades, durante los años 2010 y 2013.

**Tabla 29.** Clasificación de ciudades colombianas según variable: Permisos de construcción

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Facilidad de Obtención de permisos de construcción (percentil promedio)	Clasificación según Obtención de permisos de construcción	Facilidad de Obtención de permisos de construcción (percentil) promedio	Clasificación según Obtención de permisos de construcción
Armenia	0.24	3	0,29	3
Barranquilla	0.62	19	0,44	11
Bogotá	0.35	7	0,33	5
Bucaramanga	0.52	13	0,62	21
Cali	0.59	16	0,76	22
Cartagena	0.45	9	0,53	16
Cúcuta	0.48	12	0,42	9
Ibagué	0.52	13	0,48	15
Manizales	0.26	4	0,35	6
Medellín	0.59	16	0,60	19
Montería	0.30	6	0,38	7
Neiva	0.52	13	0,44	11
Pasto	0.61	18	0,57	17
Pereira	0.17	1	0,27	2
Popayán	0.46	11	0,47	13
Riohacha	0.45	9	0,38	7
Santa Marta	0.29	5	0,30	4
Sincelejo	0.63	21	0,42	9
Tunja	0.44	8	0,47	13
Valledupar	0.62	19	0,59	18
Villavicencio	0.67	22	0,61	20
Dosquebradas	0.18	2	0,26	1
Palmira	0.77	23	0,82	23

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5.3.3 Clasificación de las ciudades colombianas según la variable registro de propiedades

A continuación se presenta la clasificación de las 23 ciudades, durante los años 2010 y 2013.

**Tabla 30.** Clasificación de ciudades colombianas según variable: Registro de propiedades

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Facilidad de Registro de propiedades (percentil promedio)	Clasificación según Facilidad de Registro de propiedades	Facilidad de Registro de propiedades (percentil promedio)	Clasificación según Facilidad de Registro de propiedades
Armenia	0.54	14	0,45	11
Barranquilla	0.62	19	0,73	20
Bogotá	0.14	4	0,30	7
Bucaramanga	0.74	21	0,73	20
Cali	0.79	22	0,49	14
Cartagena	0.85	23	0,86	23
Cúcuta	0.60	18	0,74	22
Ibagué	0.05	1	0,03	1
Manizales	0.05	1	0,11	2
Medellín	0.47	8	0,47	12
Montería	0.57	17	0,64	17
Neiva	0.51	12	0,47	12
Pasto	0.47	8	0,50	15
Pereira	0.52	13	0,26	6
Popayán	0.55	15	0,53	16
Riohacha	0.32	6	0,36	8
Santa Marta	0.47	8	0,44	10
Sincelejo	0.45	7	0,23	4
Tunja	0.29	5	0,21	3
Valledupar	0.08	3	0,23	4
Villavicencio	0.56	16	0,65	18
Dosquebradas	0.50	11	0,40	9
Palmira	0.62	19	0,70	19

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5.3.4 Clasificación de las ciudades colombianas según la variable pago de impuestos

A continuación se presenta la clasificación de las 23 ciudades, durante los años 2010 y 2013.

**Tabla 31.** Clasificación de ciudades colombianas según variable: Pago de impuestos

Ciudad	Doing Business Colombia 2013		Doing Business Colombia 2010	
	Facilidad de Pago de impuestos (percentil promedio)	Clasificación según Facilidad de Pago de impuestos	Facilidad de Pago de impuestos (percentil promedio)	Clasificación según Facilidad de Pago de impuestos
Armenia	0.29	10	0,29	10
Barranquilla	0.45	20	0,41	16
Bogotá	0.33	16	0,47	20

Bucaramanga	0.17	7	0,18	7
Cali	0.51	23	0,48	21
Cartagena	0.41	18	0,42	18
Cúcuta	0.32	14	0,30	11
Ibagué	0.03	1	0,05	2
Manizales	0.08	3	0,33	14
Medellín	0.29	10	0,56	23
Montería	0.09	4	0,08	4
Neiva	0.26	9	0,27	8
Pasto	0.42	19	0,41	16
Pereira	0.29	10	0,32	12
Popayán	0.15	6	0,17	6
Riohacha	0.37	17	0,33	14
Santa Marta	0.47	21	0,45	19
Sincelejo	0.30	13	0,02	1
Tunja	0.32	14	0,32	12
Valledupar	0.24	8	0,27	8
Villavicencio	0.11	5	0,12	5
Dosquebradas	0.05	2	0,06	3
Palmira	0.48	22	0,55	22

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.5.4 Etapa 4 (clasificación de las 23 ciudades según Doing Business)

Para la clasificación de las 23 ciudades respecto de las cuatro variables consideradas, *Doing Business* utiliza la función JERARQUIA, disponible en Microsoft Excel 2010 y versiones anteriores (a partir del percentil promedio de los percentiles estimados para cada una de las cuatro variables). Para versiones más recientes puede utilizarse la función JERARQUIA.EQV. Durante el presente análisis se compararon los resultados arrojados por ambas funciones y se pudo comprobar que en todos los casos los resultados son idénticos.

##### 3.1.5.4.1 Estimación del percentil promedio para cada una de las ciudades consideradas durante los años 2010 y 2013

A continuación en las tablas 32, 33 se presenta la estimación del percentil promedio para la clasificación de las 23 ciudades durante los años 2010 y 2013, a partir del percentil estimado para cada una de las cuatro variables consideradas

**Tabla 32.** Estimación percentil promedio Variables Doing Business 2013

Doing Business Colombia 2013					
Ciudad	Facilidad de apertura de un negocio (percentil promedio)	Facilidad de Obtención de permisos de construcción (percentil promedio)	Facilidad de Registro de propiedades (percentil promedio)	Facilidad de Pago de impuestos (percentil promedio)	Percentil promedio (Ciudad)
Armenia	0,0	0.24	0.54	0.29	0.27
Barranquilla	0.38	0.62	0.62	0.45	0.52
Bogotá	0.23	0.35	0.14	0.33	0.26
Bucaramanga	0.26	0.52	0.74	0.17	0.42
Cali	0.14	0.59	0.79	0.51	0.51
Cartagena	0.14	0.45	0.85	0.41	0.46

Cúcuta	0.52	0.48	0.60	0.32	0.48
Ibagué	0.14	0.52	0.05	0.03	0.19
Manizales	0.23	0.26	0.05	0.08	0.16
Medellín	0.31	0.59	0.47	0.29	0.42
Montería	0.59	0.30	0.57	0.09	0.39
Neiva	0.25	0.52	0.51	0.26	0.39
Pasto	0.39	0.61	0.47	0.42	0.47
Pereira	0.11	0.17	0.52	0.29	0.27
Popayán	0.58	0.46	0.55	0.15	0.44
Riohacha	0.54	0.45	0.32	0.37	0.42
Santa Marta	0.10	0.29	0.47	0.47	0.33
Sincelejo	0.35	0.63	0.45	0.30	0.44
Tunja	0.62	0.44	0.29	0.32	0.42
Valledupar	0.59	0.62	0.08	0.24	0.38
Villavicencio	0.47	0.67	0.56	0.11	0.45
Dosquebradas	0.64	0.18	0.50	0.05	0.34
Palmira	0.34	0.77	0.62	0.48	0.55

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33.** Estimación percentil promedio Variables Doing Business 2010

Doing Business Colombia 2010					
Ciudad	Facilidad de apertura de un negocio (percentil promedio)	Facilidad de Obtención de permisos de construcción (percentil promedio)	Facilidad de Registro de propiedades (percentil promedio)	Facilidad de Pago de impuestos (percentil promedio)	Percentil promedio (Ciudad)
Armenia	0,08	0,29	0,45	0,29	0,28
Barranquilla	0,33	0,44	0,73	0,41	0,48
Bogotá	0,24	0,33	0,30	0,47	0,34
Bucaramanga	0,51	0,62	0,73	0,18	0,51
Cali	0,33	0,76	0,48	0,48	0,52
Cartagena	0,58	0,53	0,86	0,42	0,60
Cúcuta	0,38	0,42	0,74	0,30	0,46
Ibagué	0,25	0,49	0,03	0,05	0,21
Manizales	0,11	0,35	0,11	0,33	0,23
Medellín	0,31	0,60	0,47	0,56	0,49
Montería	0,57	0,38	0,64	0,08	0,42
Neiva	0,25	0,44	0,47	0,27	0,36
Pasto	0,30	0,57	0,50	0,41	0,45
Pereira	0,10	0,27	0,26	0,32	0,24
Popayán	0,54	0,47	0,53	0,17	0,43
Riohacha	0,52	0,38	0,36	0,33	0,40
Santa Marta	0,17	0,30	0,44	0,45	0,34
Sincelejo	0,40	0,42	0,23	0,02	0,27
Tunja	0,57	0,47	0,21	0,32	0,39
Valledupar	0,45	0,59	0,23	0,27	0,39
Villavicencio	0,36	0,61	0,65	0,12	0,44
Dosquebradas	0,61	0,26	0,40	0,06	0,33
Palmira	0,21	0,82	0,70	0,55	0,57

Fuente: Elaboración propia



**Observación:** La metodología *Doing Business* asigna el mismo peso a cada una de las cuatro variables, al momento de estimar el percentil promedio para la clasificación de las 23 ciudades.

#### 3.1.5.4.2 Clasificación *Doing Business* de las ciudades colombianas durante los años 2010 y 2013 según las facilidades que ofrecen para hacer negocios

En la tabla 34 se presenta la clasificación de las 23 ciudades durante los años 2010 y 2013, mediante verificación de la metodología a partir de la herramienta MS-Excel™ y la clasificación publicada por los informes *Doing Business* Colombia.

**Tabla 34.** Estimación clasificación de ciudades colombianas según *Doing Business* 2013 / 2010

Ciudad	Doing Business Colombia 2013			Doing Business Colombia 2010		
	Percentil promedio (Ciudad)	Clasificación obtenida con MS-Excel™	Clasificación publicada Doing Business Colombia 2013	Percentil promedio (Ciudad)	Clasificación obtenida con MS-Excel™	Clasificación publicada Doing Business Colombia 2010
Armenia	0.27	4	4	0,28	5	5
Barranquilla	0.52	22	22	0,48	18	18
Bogotá	0.26	3	3	0,34	7	7
Bucaramanga	0.42	14	14	0,51	20	20
Cali	0.51	21	21	0,52	21	21
Cartagena	0.46	18	18	0,60	23	23
Cúcuta	0.48	20	20	0,46	17	17
Ibagué	0.19	2	2	0,21	1	1
Manizales	0.16	1	1	0,23	2	2
Medellín	0.42	11	11	0,49	19	19
Montería	0.39	10	10	0,42	13	13
Neiva	0.39	9	9	0,36	9	9
Pasto	0.47	19	19	0,45	16	16
Pereira	0.27	5	5	0,24	3	3
Popayán	0.44	15	15	0,43	14	14
Riohacha	0.42	12	12	0,40	12	12
Santa Marta	0.33	6	6	0,34	8	8
Sincelejo	0.44	16	16	0,27	4	4
Tunja	0.42	13	13	0,39	11	11
Valledupar	0.38	8	8	0,39	10	10
Villavicencio	0.45	17	17	0,44	15	15
Dosquebradas	0.34	7	7	0,33	6	6
Palmira	0.55	23	23	0,57	22	22

Fuente: Elaboración propia

#### Comentario:

Como se observa para los años 2010 y 2013, la clasificación obtenida mediante MS-Excel™ es exactamente la misma que la publicada *Doing Business* Colombia.

### 3.1.5.4.3 Comparación de la clasificación Doing Business de las ciudades colombianas durante los años 2010 y 2013 según las facilidades que ofrecen para hacer negocios

En la tabla 35 se presenta la variación en la clasificación Doing Business de las 23 ciudades colombianas durante los años 2010 y 2013.

**Tabla 35.** Comparación ranking de 23 ciudades Colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, según Informe Doing Business 2010 / 2013

Doing Business 2010		Doing Business 2013		Variación 2010 / 2013
Ciudad	Facilidad para hacer Negocios (clasificación)	Ciudad	Facilidad para hacer Negocios (clasificación)	
Ibagué	1	Manizales	1	1
Manizales	2	Ibagué	2	-1
Pereira	3	Bogotá	3	4
Sincelejo	4	Armenia	4	1
Armenia	5	Pereira	5	-2
Dosquebradas	6	Santa Marta	6	2
Bogotá	7	Dosquebradas	7	-1
Santa Marta	8	Valledupar	8	2
Neiva	9	Neiva	9	0
Valledupar	10	Montería	10	3
Tunja	11	Medellín	11	8
Riohacha	12	Riohacha	12	0
Montería	13	Tunja	13	-2
Popayán	14	Bucaramanga	14	6
Villavicencio	15	Popayán	15	-1
Pasto	16	Sincelejo	16	-12
Cúcuta	17	Villavicencio	17	-2
Barranquilla	18	Cartagena	18	5
Medellín	19	Pasto	19	-3
Bucaramanga	20	Cúcuta	20	-3
Cali	21	Cali	21	0
Palmira	22	Barranquilla	22	-4
Cartagena	23	Palmira	23	-1

Fuente: Elaboración propia

**Comentario:** Al comparar la clasificación de 23 ciudades colombianas según la metodología Doing Business entre los años 2010 y 2013, se destaca el crecimiento de la facilidad para hacer negocios en: Manizales, Bogotá, Armenia, Santa Marta, Valledupar, Montería, Medellín, Bucaramanga y Cartagena.

En algunas ciudades las reformas conducentes a generar mayores facilidades para hacer negocios quedan reflejadas en la calidad de los servicios, más que en una mejor clasificación. La eliminación per se de trámites, tiempos y costo, en algunas ocasiones no genera el impacto esperado por los gobiernos locales, dado que esta metodología de clasificación se basa en el percentil promedio de un conjunto de criterios y variables, la cual se fundamenta en la posición ocupada una vez ordenados los respectivos valores, sin

considerar su magnitud, ponderación y normalización. En el apartado 2.2.2 se revisa el concepto rango percentil de un conjunto de datos.

De acuerdo con Doing Business, para evaluar la solidez de este método, el banco mundial ha explorado como contraste, otros métodos incluyendo el uso de componentes principales ACP y análisis de componentes no observados, los cuales arrojan resultados muy similares a los obtenidos con el promedio simple [29]. Como reflexión a lo anterior, se tiene que éstos métodos reducen la variabilidad original de la información contenida en los datos y por tanto sus resultados son similares al promedio simple, lo cual no es razón suficiente para validar dicha metodología.

### 3.1.6 Simulación de la metodología Doing Business para clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios

A continuación se presenta la simulación de la variación significativa / no significativa que presenta la metodología Doing Business a nivel de criterios, variables y clasificación de ciudades, partiendo de la modificación poco significativa en el valor original de alguno de los criterios asociados a las diferentes variables. A continuación se identifican algunas limitantes de la metodología Doing Business clasificando las ciudades.

#### 3.1.6.1 Según la variable “apertura de un negocio”

La metodología Doing Business asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados (procedimientos (número), tiempo (días), costo (% de ingreso per cápita), capital mínimo pagado (% de ingreso per cápita)) para estimar el percentil promedio de la variable, a partir del cual se clasifican las 23 ciudades

**Tabla 36.** Efecto del criterio procedimientos (número) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de apertura de un negocio						
Ciudad	Procedimientos (número)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Armenia	9	10	1	1	4	5
Bogotá	10	10	7	8	3	3
Cali	9	9	4	5	21	21
Pereira	9	9	3	3	5	4

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Procedimientos (número)** para Armenia, se altera la clasificación de la variable para las ciudades Bogotá y Cali; además de la clasificación DB2013 para Armenia y Pereira.

**Tabla 37.** Efecto del criterio Tiempo (días) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de apertura de un negocio						
Ciudad	Tiempo (días)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Bogotá	16	16	7	8	3	3
Bucaramanga	11	12	10	11	14	15
Medellín	11	11	11	10	11	11
Popayán	22	22	19	19	15	14

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Tiempo (días)** para Bucaramanga, se altera la clasificación de la variable para las ciudades Bogotá, Bucaramanga y Medellín Cali; además de la clasificación DB2013 para Bucaramanga y Popayán.

**Tabla 38.** Efecto del criterio Costo (% de ingreso per cápita) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de apertura de un negocio						
Ciudad	Costo (% de ingreso per cápita)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Bogotá	7,6	7,7	7	10	3	5
Bucaramanga	12,0	12,0	10	9	14	14
Cali	7,8	7,8	4	5	21	21
Medellín	8,7	8,7	11	10	11	11
Neiva	22,6	22,6	9	8	9	9
Pereira	7,7	7,7	3	3	5	3
Sincelejo	7,6	7,6	13	12	16	16
Palmira	7,8	7,8	12	13	23	23

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Costo (% de ingreso per cápita)** para Bogotá, se altera la clasificación de la variable para las ciudades Bogotá, Bucaramanga, Cali, Medellín, Neiva, Sincelejo y Palmira; además de la clasificación DB2013 para Bogotá y Pereira.

Llama la atención el hecho que aunque no se dispone de información relevante para el criterio **Capital mínimo pagado (% de ingreso per cápita)**, este se reporta igual a cero para las 23 ciudades, aún en así es considerado para el cálculo del percentil promedio de esta variable.

### 3.1.6.2 Según la variable “obtención de permisos de construcción”

La metodología Doing Business asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados (procedimientos (número), tiempo (días), costo (% de ingreso per cápita))

para estimar el percentil promedio de la variable, a partir del cual se clasifican las 23 ciudades.

**Tabla 39.** Efecto del criterio Procedimientos (número) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de obtención de permisos de construcción						
Ciudad	Procedimientos (número)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Armenia	10	11	3	4	4	5
Manizales	8	8	4	3	1	1
Medellín	8	8	17	17	11	12
Neiva	13	13	13	14	9	9
Pereira	8	8	1	1	5	4
Riohacha	11	11	9	9	12	11
Tunja	11	11	8	8	13	12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Procedimientos (número)** para Armenia, se altera la clasificación de la variable para las ciudades Armenia, Manizales y Neiva; además de la clasificación DB2013 para Armenia, Medellín, Pereira, Riohacha y Tunja.

**Tabla 40.** Efecto del criterio Tiempo (días) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de obtención de permisos de construcción						
Ciudad	Tiempo (días)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Armenia	62	62	3	3	4	5
Cartagena	78	78	11	10	18	18
Pereira	63	63	1	1	5	4
Popayán	62	63	9	11	15	16
Sincelejo	83	83	21	21	16	15

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Tiempo (días)** para Popayán, se altera la clasificación de la variable para las ciudades Cartagena y Popayán; además de la clasificación DB2013 para Armenia, Pereira, Popayán y Sincelejo.

**Tabla 41.** Efecto del criterio Costo (% del ingreso per cápita) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de obtención de permisos de construcción						
Ciudad	Costo (% del ingreso per cápita)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Armenia	79,1172027	85	3	4	4	5
Bucaramanga	80,7457987	80,7457987	13	13	14	13
Manizales	156,949688	156,949688	4	3	1	1
Medellín	175,880828	175,880828	17	17	11	12
Neiva	75,6736845	75,6736845	13	14	9	9
Pereira	104,223376	104,223376	1	1	5	4
Popayán	124,102747	124,102747	9	10	15	15
Riohacha	83,9221994	83,9221994	9	9	12	11
Tunja	68,1531667	68,1531667	8	8	13	14

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Costo (% del ingreso per cápita)** para Armenia, se altera la clasificación de la variable para las ciudades Armenia, Manizales, Neiva y Popayán; además de la clasificación DB2013 para Armenia, Bucaramanga, Medellín, Pereira, Riohacha y Tunja.

### 3.1.6.3 Según la variable “registro de propiedades”

La metodología Doing Business asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados (procedimientos (número), tiempo (días), costo (% del valor de la propiedad)) para estimar el percentil promedio de la variable, a partir del cual se clasifican las 23 ciudades.

**Tabla 42.** Efecto del criterio Procedimientos (número) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de Registro de propiedades						
Ciudad	Procedimientos (número)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Armenia	11	12	14	20	4	5
Barranquilla	12	12	19	18	22	22
Cúcuta	12	12	18	17	20	20
Montería	12	12	17	15	10	10
Pereira	11	11	13	13	5	4
Popayán	11	11	15	14	15	15
Palmira	12	12	19	18	23	23

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Costo (% del ingreso per cápita)** para Armenia, se altera la clasificación de la variable para las

ciudades Armenia, Barranquilla, Cúcuta, Montería, Popayán y Palmira; además de la clasificación DB2013 para Armenia y Pereira.

**Tabla 43.** Efecto del criterio Tiempo (días) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de Registro de propiedades						
Ciudad	Tiempo (días)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Barranquilla	17	18	19	20	22	22

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Tiempo (días)** para Barranquilla, se altera la clasificación de la variable para la ciudad Barranquilla; la clasificación DB2013 no se ve alterada.

**Tabla 44.** Efecto del criterio Costo (% del valor de la propiedad) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de Registro de propiedades						
Ciudad	Costo (% del valor de la propiedad)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Armenia	2,6	2,7	14	15	4	5
Pereira	2,4	2,4	13	13	5	4
Popayán	2,0	2,0	15	14	15	15
Villavicencio	2,3	2,3	16	15	17	17

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Costo (% del valor de la propiedad)** para Armenia, se altera la clasificación de la variable para las ciudades Armenia, Popayán y Villavicencio; además de la clasificación DB2013 para Armenia y Pereira.

#### 3.1.6.4 Según la variable “pago de impuestos”

La metodología Doing Business asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados (pagos (número), tiempo (horas), tasa total de impuestos (% de ganancia)) para estimar el percentil promedio de la variable, a partir del cual se clasifican las 23 ciudades.

**Tabla 45.** Efecto del criterio Pagos (número) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de Pago de impuestos						
Ciudad	Pagos (número)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Armenia	22	22	10	10	4	3
Barranquilla	16	16	20	19	22	22
Bogotá	10	11	16	22	3	5
Cartagena	16	16	18	17	18	18
Pasto	22	22	19	18	19	19
Pereira	21	21	10	10	5	4
Riohacha	15	15	17	16	12	12
Santa Marta	16	16	21	20	6	6
Palmira	22	22	22	21	23	23

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Pagos (número)** para Bogotá, se altera la clasificación de la variable para las ciudades Barranquilla, Bogotá, Cartagena, Pasto, Riohacha, Santa Martha y Palmira; además de la clasificación DB2013 para Armenia, Bogotá y Pereira.

**Tabla 46.** Efecto del criterio Tasa total de impuestos (% de ganancia) con respecto a la variable y la clasificación de ciudades

Doing Business Colombia 2013						
Simulación Variable: Facilidad de Pago de impuestos						
Ciudad	Tasa total de impuestos (% de ganancia)		Clasificación (Variable)		Clasificación Doing Business (Ciudad)	
	Original	Modificado	Original	Modificado	Original	Modificado
Armenia	66,5	66,5	10	11	4	4
Barranquilla	72,0	73,0	20	22	22	22
Cali	71,9	71,9	23	22	21	21
Cúcuta	69,8	69,8	14	15	20	20
Pereira	66,6	66,6	10	11	5	5
Popayán	70,1	70,1	6	6	15	16
Riohacha	70,6	70,6	17	17	12	13
Santa Marta	72,1	72,1	21	20	6	6
Sincelejo	72,2	72,2	13	11	16	15
Tunja	72,3	72,3	15	14	13	12
Palmira	71,6	71,6	22	21	23	23

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede observarse como al modificar el valor inicial del criterio **Tasa total de impuestos (% de ganancia)** para Barranquilla, se altera la clasificación de la variable para las ciudades Armenia, Barranquilla, Cali, Cúcuta, Pereira, Santa Martha, Sincelejo, Tunja y Palmira; además de la clasificación DB2013 para Popayán, Riohacha, Sincelejo y Tunja.



Llama la atención el hecho que el criterio **Tiempo (horas)** se reporta igual a 203 para las 23 ciudades; aun así su rango percentil es considerado para el cálculo del percentil promedio de esta variable.

### 3.2 Fase 2: Clasificación de las principales Ciudades Colombianas según la Facilidad que ofrecen para hacer negocios, mediante Análisis Envolvente de Datos (DEA)

A continuación se presenta la clasificación según el análisis envolvente de datos, de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios. La metodología Doing Business considera cuatro (4) variables, cada una de las cuales incluye ciertos criterios. La estructura de variables y sus respectivos criterios se puede observar en la tabla 7.

Los modelos DEA a considerar en esta investigación, requieren de orientación a las entradas, dado que las variables mediante las cuales se establece la clasificación de las ciudades, son *inputs* o entradas; una ciudad (DMU) será más eficiente si reduce dichas entradas. Se propone un *output* o salida estandarizada con un valor constante de 100 para las 23 ciudades, satisfaciendo así la estructura requerida por el modelo DEA para obtener la clasificación de las ciudades.

- ✓ El primer modelo DEA considerado es CCR - I, radial, con retornos constantes a escala. Este modelo busca minimizar las entradas mientras se satisface al menos un nivel dado para las salidas [4]. Puede considerar a la ciudad más eficiente como la referencia para las otras ciudades, aun cuando estas puedan presentar características muy diferentes.
- ✓ El segundo modelo considerado es el BCC - I, radial, con retornos variables a escala. La frontera de eficiencia puede considerar simultáneamente retornos incrementales, decrementales y constantes [4].
- ✓ El tercer modelo considerado es el Super-eficiencia CCR-I-C, radial, con retornos constantes a escala. El modelo compara cada ciudad con una combinación lineal de todas las demás ciudades (la ciudad en cuestión, -solo si esta es eficiente, no se considera en el conjunto de referencia, por lo cual deja de formar parte de la frontera eficiente), pudiendo suceder que la ciudad pueda incrementar su vector de inputs, obteniendo una puntuación de eficiencia mayor a la unidad [4].
- ✓ El cuarto modelo considerado es el SUPER SBM – I – C, no radial, basado en holguras, con retornos constantes a escala. Este modelo toma las holguras de entrada (excedentes) en cuenta, pero no las de salida (deficiencias).
- ✓ Para evaluar la evolución de las ciudades (DMU) durante los años 2010 y 2013 se propone el modelo Malmquist Radial I – C, radial, con retornos constantes a escala. El índice de Malmquist evalúa el cambio de eficiencia de una DMU entre dos periodos de tiempo.
- ✓ Los datos utilizados para establecer la clasificación de las ciudades colombianas, corresponden a los reportes Doing Business para los años 2010 y 2013 (ver tablas 47 – 48). Los inputs corresponden a los criterios asociados a las cuatro variables; mientras como output se utiliza un valor estándar de 100 para todas las ciudades.

**Tabla 47.** Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010, según metodología DEA

DMU	Apertura de un negocio			Obtención de permisos de construcción			Registro de propiedades			Pago de impuestos		(O)
	(I) Proc	(I) Tiempo	(I) Costo	(I) Trámites	(I) Tiempo	(I) Costo	(I) Trámites	(I) Tiempo	(I) Costo	(I) Pagos	(I) Tasa total	
Armenia	8	12	13,2	12	64	85,7	11	18	2,6	28	67,22	100
Barranquilla	9	17	14,9	9	114	144,6	13	18	4,0	22	72,21	100
Bogotá	9	20	14,3	9	47	354,0	7	20	2,0	21	76,72	100
Bucaramanga	9	38	18,9	14	119	86,1	13	21	2,5	16	70,95	100
Cali	11	13	14,5	14	122	120,1	11	25	2,1	28	71,89	100
Cartagena	11	27	19,4	10	80	349,0	12	35	2,7	22	72,51	100
Cúcuta	10	15	14,8	10	73	161,1	13	26	2,1	22	70,49	100
Ibagué	10	17	14,2	10	184	98,8	8	15	1,9	16	67,94	100
Manizales	9	10	14,3	9	72	168,8	10	12	2,0	27	69,56	100
Medellín	9	12	15,6	9	164	190,7	10	22	2,3	28	72,78	100
Montería	15	20	14,8	11	74	108,5	12	27	2,0	16	69,56	100
Neiva	8	8	29,2	13	84	75,5	11	17	3,4	22	69,67	100
Pasto	11	19	12,4	11	116	120,4	11	37	2,0	28	70,65	100
Pereira	8	11	14,3	11	66	87,0	11	19	1,9	30	66,72	100
Popayán	12	28	14,8	13	64	143,4	11	29	2,0	16	70,78	100
Riohacha	12	32	14,6	11	80	101,9	9	26	2,0	21	71,09	100
Santa Marta	9	10	14,7	9	75	133,5	11	17	2,7	22	72,76	100
Sincelejo	12	18	14,4	11	81	102,5	11	15	2,0	16	67,17	100
Tunja	16	30	14,6	13	91	76,9	10	20	1,9	16	72,96	100
Valledupar	14	24	14,2	10	119	159,7	11	16	2,0	16	72,59	100
Villavicencio	10	11	17,6	11	114	154,0	11	30	2,5	16	69,78	100
Dosquebradas	12	37	15,0	10	65	120,0	12	20	1,9	16	68,12	100
Palmira	9	11	14,7	14	105	200,2	12	27	2,1	33	71,29	100

**Fuente:** Reporte Doing Business Colombia 2010.

**Tabla 48.** Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2013, según metodología DEA

DMU	Apertura de un negocio			Obtención de permisos de construcción			Registro de propiedades			Pago de impuestos		(O)
	(I) Proc	(I) Tiempo	(I) Costo	(I) Trámites	(I) Tiempo	(I) Costo	(I) Trámites	(I) Tiempo	(I) Costo	(I) Pagos	(I) Tasa total	
Armenia	9	10	6,7	10	62	79,1	11	18	2,6	22	66,53	100
Barranquilla	11	20	7,6	9	114	144,8	12	17	4,0	16	72,00	100
Bogotá	10	16	7,6	8	46	312,0	7	15	2,0	10	76,15	100
Bucaramanga	9	11	12,0	11	101	80,7	13	21	2,4	10	70,30	100
Cali	9	11	7,8	10	95	135,1	13	32	2,1	22	71,89	100
Cartagena	9	14	7,6	8	78	296,3	12	33	2,6	16	71,88	100
Cúcuta	12	18	8,3	9	69	198,1	12	27	2,1	16	69,81	100
Ibagué	10	11	7,6	9	138	92,4	8	15	1,9	10	67,02	100
Manizales	10	12	7,6	8	39	156,9	9	11	1,9	10	68,89	100
Medellín	10	11	8,7	8	119	175,9	10	22	2,2	10	72,15	100
Montería	15	18	9,2	9	71	96,7	12	27	2,0	10	68,90	100
Neiva	9	10	22,6	13	84	75,7	11	17	3,4	16	67,89	100
Pasto	11	18	7,7	10	115	111,5	10	36	1,9	22	70,00	100
Pereira	9	11	7,7	8	63	104,2	11	19	2,4	21	66,64	100
Popayán	14	22	7,9	11	62	124,1	11	29	2,0	10	70,13	100
Riohacha	13	22	7,8	11	80	83,9	9	26	1,9	15	70,56	100
Santa Marta	9	11	7,6	8	74	121,7	11	17	2,4	16	72,14	100
Sincelejo	11	18	7,6	13	83	119,2	13	17	2,0	10	72,20	100
Tunja	17	34	7,8	11	89	68,2	10	20	1,9	10	72,34	100
Valledupar	17	23	7,8	9	118	136,8	9	13	1,9	10	71,96	100
Villavicencio	11	13	10,9	10	113	139,0	10	29	2,3	10	68,99	100
Dosquebradas	14	40	8,0	8	63	110,4	11	19	2,4	10	67,42	100
Palmira	10	13	7,8	11	101	279,9	12	27	2,1	22	71,57	100

**Fuente:** Reporte Doing Business Colombia 2013.

### 3.2.1 Clasificación de las ciudades colombianas mediante modelos DEA (Data Envelopment Analysis)

Los anexos 6 y 7 presentan detalladamente la salida de resultados obtenidos mediante los modelos DEA CCR-I (tablas 6.1 – 6.28) y Super CCR-I (tablas 7.1 – 7.46)

A continuación se presenta la clasificación de las 23 ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios utilizando algunos modelos DEA. Inicialmente se presenta la clasificación global de las 23 ciudades a partir de la totalidad de los criterios considerados por las cuatro variables (numeral 3.2.1.1).

#### 3.2.1.1 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo DEA CCR input orientado

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del Software DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 49.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR–I

Facilidades para hacer negocios 2010			Facilidades para hacer negocios 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Dosquebradas	1
1	Armenia	1	1	Armenia	1
1	Barranquilla	1	1	Villavicencio	1
1	Bogotá	1	1	Bogotá	1
1	Bucaramanga	1	1	Bucaramanga	1
1	Villavicencio	1	1	Cali	1
1	Valledupar	1	1	Cartagena	1
1	Tunja	1	1	Valledupar	1
1	Ibagué	1	1	Ibagué	1
1	Manizales	1	1	Manizales	1
1	Medellín	1	1	Medellín	1
1	Montería	1	1	Montería	1
1	Neiva	1	1	Neiva	1
1	Pasto	1	1	Tunja	1
1	Pereira	1	1	Pereira	1
1	Popayán	1	1	Popayán	1
1	Riohacha	1	1	Riohacha	1
1	Santa Marta	1	1	Santa Marta	1
1	Sincelejo	1	1	Sincelejo	1
20	Cúcuta	0,991056830886297	20	Pasto	0,979678776818837
21	Palmira	0,961561288854295	21	Cúcuta	0,971506376817364
22	Cali	0,960519570857118	22	Barranquilla	0,961887381324744
23	Cartagena	0,951722080536481	23	Palmira	0,958334628581619

Fuente: Ejecución Software DEA – Solver V 7.0™

#### Respecto de la clasificación 2010

Las ciudades de Armenia, Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Ibagué, Manizales, Medellín, Montería, Neiva, Pasto, Pereira, Popayán, Riohacha, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio y Dosquebradas, se consideran eficientes (82.6%, con score = 1); las restantes: Cali, Cartagena, Cúcuta y Palmira se consideran ineficientes (17.4%, con score < 1).

A partir de la información de las tablas 6.17 - 6.22, al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}$ ) se establece que todas las ciudades presentan uno o más pesos iguales a cero ( $V_i = 0$ ); por lo tanto, son CCR ineficientes. Bucaramanga tiene entradas  $X_2=38, X_3=18.9, X_5=119$ ; mientras Armenia tiene entrada  $X_2=12, X_3=13.2, X_5=64$ ; es decir, Bucaramanga usa un exceso de 26 unidades en la entrada  $X_2$ , 5.7 unidades en la entrada  $X_3$  y 55 unidades en la entrada  $X_5$  con respecto a Armenia (ambas ciudades son eficientes).

En el caso de las ciudades ineficientes, los pesos óptimos sugieren que la reducción de una u otra entrada tendrá un mayor efecto en la eficiencia de la DMU (en el caso de Cali  $V_3/V_2=4.25$ , indica que una reducción en la entrada  $X_3$ , tendrá un efecto mucho más significativo que una contracción de la entrada  $X_2$ ).

A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. Para el caso se considera a Cali, Cartagena, Cúcuta y Palmira, las cuales podrían hacerse eficientes tomando como referencia a Manizales (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Cali debe reducir sus entradas en aproximadamente un 4%. Es decir, llevar la entrada  $X_2$  de 13 a 12.487, y aún puede observarse un exceso para  $X_2$  con respecto de Manizales (ciudad de referencia con  $X_2=10$ ) de 2.487.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Cali presenta un peso ponderado para  $X_5$  de 60.2%, cuando los inputs considerados son  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$ ).

### ***Respecto de la clasificación 2013***

Ahora 19 ciudades son eficientes. El 82.6% se sitúan en la frontera de eficiencia (con score = 1); las restantes 4 se consideran ineficientes (17.4%, con score < 1). Con respecto a 2010 Barranquilla y Pasto dejan de ser eficientes; Cali y Cartagena ahora son eficientes.

A partir de la información de las tablas 6.23 - 6.28, al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}$ ) se establece que todas las ciudades presentan uno o más pesos iguales a cero ( $V_i = 0$ ); por lo tanto, son CCR ineficientes. Bogotá tiene entradas  $X_1=10, X_2=16, X_3=7.6$ ; mientras Armenia tiene entrada  $X_1=9, X_2=10, X_3=6.7$ ; es decir, Bogotá usa un exceso de 1 unidades en la entrada  $X_1$ , 6 unidades en la entrada  $X_2$  y 0.9 unidades en la entrada  $X_3$  con respecto a Armenia (ambas ciudades son eficientes).

En el caso de las ciudades ineficientes, los pesos óptimos sugieren que la reducción de una u otra entrada tendrá un mayor efecto en la eficiencia de la DMU (en el caso de Cúcuta  $V9/V11 = 3.23$ , indica que una reducción en la entrada X9, tendrá un efecto mucho más significativo que una contracción de la entrada X11).

A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. Para el caso se considera a Barranquilla, Cúcuta, Pasto y Palmira, las cuales podrían hacerse eficientes tomando como referencia a Manizales (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Barranquilla debe reducir sus entradas en aproximadamente un 3.8%. Es decir, llevar la entrada X1 de 11 a 10.581, y aún puede observarse un exceso para X1 con respecto de Manizales (ciudad de referencia con  $X1=10$ ) de 0,419.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Pasto presenta un peso ponderado para X3 de 76.68%, cuando los inputs considerados son X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11).

**Observación:** Aunque se dispone de información importante para la toma de decisiones, el modelo DEA – CCR *input* orientado no logra la discriminación de las 23 ciudades con respecto a las “**Facilidades que ofrecen para hacer negocios**” (objetivo central del proyecto). Se propone entonces, la utilización de un modelo con mayor fuerza para la discriminación de las DMU eficientes (score = 1). Se utilizará una evolución del CCR-I, denominado modelo de supereficiencia DEA Super CCR-I.

### 3.2.1.2 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR-I

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del Software DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 50.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I

Facilidades para hacer negocios 2010			Facilidades para hacer negocios 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Bogotá	1,4757281553398	1	Manizales	1,43793789179261
2	Neiva	1,3372828999076	2	Bogotá	1,25845737483085
3	Manizales	1,33154945173255	3	Ibagué	1,24945144690457
4	Ibagué	1,23454629063512	4	Armenia	1,23281789003383
5	Pereira	1,19949781126142	5	Tunja	1,22609589979684
6	Villavicencio	1,17419134719531	6	Bucaramanga	1,1370628905006
7	Tunja	1,17236331765079	7	Neiva	1,07496568308105
8	Sincelejo	1,15713963403403	8	Pereira	1,07188546601651
9	Pasto	1,11504943947286	9	Dosquebradas	1,07088074199433

10	Dosquebradas	1,10242135924211	10	Montería	1,07076438687145
11	Bucaramanga	1,10188987086242	11	Riohacha	1,06597164448013
12	Santa Marta	1,09664714848433	12	Medellín	1,04838709677419
13	Riohacha	1,08523893173267	13	Cali	1,04017663372254
14	Armenia	1,07629778958904	14	Santa Marta	1,03510545153359
15	Popayán	1,03741965105602	15	Cartagena	1,00767725202428
16	Montería	1,02980627830808	16	Sincelejo	1,00258689288053
17	Valledupar	1,02093283202927	17	Popayán	1
18	Barranquilla	1,00334126057288	17	Villavicencio	1
19	Medellín	1	17	Valledupar	1
20	Cúcuta	0,991056830886267	20	Pasto	0,979678776818837
21	Palmira	0,961561288854295	21	Cúcuta	0,971506376817363
22	Cali	0,960519570857115	22	Barranquilla	0,961887381324744
23	Cartagena	0,951722080536481	23	Palmira	0,95833462858162

Fuente: Ejecución *Software DEA – Solver V 7.0™*

En ambas clasificaciones (2010, 2013), ninguna de las 23 ciudades conserva un ranking idéntico.

### ***Respecto de la clasificación 2010***

El modelo DEA Super CCR-I discrimina 18 de las 19 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score =1). Ahora Bogotá, Neiva, Manizales, Ibagué, Pereira, Villavicencio, Tunja, Sincelejo, Pasto, Dosquebradas, Bucaramanga, Santa Marta, Riohacha, Armenia, Popayán, Montería, Valledupar y Barranquilla presentan índices de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 51.** Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Bogotá	1,4757281553398
1	Armenia	1	2	Neiva	1,3372828999076
1	Barranquilla	1	3	Manizales	1,33154945173255
1	Bogotá	1	4	Ibagué	1,23454629063512
1	Bucaramanga	1	5	Pereira	1,19949781126142
1	Villavicencio	1	6	Villavicencio	1,17419134719531
1	Valledupar	1	7	Tunja	1,17236331765079
1	Tunja	1	8	Sincelejo	1,15713963403403
1	Ibagué	1	9	Pasto	1,11504943947286
1	Manizales	1	10	Dosquebradas	1,10242135924211
1	Medellín	1	11	Bucaramanga	1,10188987086242
1	Montería	1	12	Santa Marta	1,09664714848433
1	Neiva	1	13	Riohacha	1,08523893173267
1	Pasto	1	14	Armenia	1,07629778958904
1	Pereira	1	15	Popayán	1,03741965105602
1	Popayán	1	16	Montería	1,02980627830808
1	Riohacha	1	17	Valledupar	1,02093283202927
1	Santa Marta	1	18	Barranquilla	1,00334126057288
1	Sincelejo	1	19	Medellín	1

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.



**Tabla 52.** Proyección de inputs para una ciudad supereficiente (Bogotá)

Variable	Criterio	Expansión
Obtención de permisos de construcción	Tiempo	47,57%
Registro de propiedades	Tramites	47,57%

La ciudad con el mayor incremento del índice de eficiencia es Bogotá (+0,4757), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión de los input “tiempo para la obtención de permisos de construcción y trámites para el registro de propiedades”.

Las tablas 7.33 – 7.37 presentan el peso, peso ponderado y exceso para los input “X5=Tiempo, X7=Trámites” en la DMU Bogotá (0.010, 0.456, 0), (0.078, 0.544, 0). Lo anterior evidencia la trascendencia de estos input para la clasificación global de las ciudades 2010. Al verificar los inputs de otras DMU supereficientes, se evidencia que presentan excesos o pesos menores con respecto a Bogotá.

### **Respecto de la clasificación 2013**

El modelo DEA Super CCR-I discrimina 16 de las 19 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score = 1). Ahora Manizales, Bogotá, Ibagué, Armenia, Tunja, Bucaramanga, Neiva, Pereira, Dosquebradas, Montería, Riohacha, Medellín, Cali, Santa Marta, Cartagena y Sincelejo presentan índices de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 53.** Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Manizales	1,43793789179261
1	Armenia	1	2	Bogotá	1,25845737483085
1	Villavicencio	1	3	Ibagué	1,24945144690457
1	Bogotá	1	4	Armenia	1,23281789003383
1	Bucaramanga	1	5	Tunja	1,22609589979684
1	Cali	1	6	Bucaramanga	1,1370628905006
1	Cartagena	1	7	Neiva	1,07496568308105
1	Valledupar	1	8	Pereira	1,07188546601651
1	Ibagué	1	9	Dosquebradas	1,07088074199433
1	Manizales	1	10	Montería	1,07076438687145
1	Medellín	1	11	Riohacha	1,06597164448013
1	Montería	1	12	Medellín	1,04838709677419
1	Neiva	1	13	Cali	1,04017663372254
1	Tunja	1	14	Santa Marta	1,03510545153359
1	Pereira	1	15	Cartagena	1,00767725202428
1	Popayán	1	16	Sincelejo	1,00258689288053
1	Riohacha	1	17	Popayán	1
1	Santa Marta	1	17	Villavicencio	1
1	Sincelejo	1	17	Valledupar	1

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 54.** Proyección de inputs para una ciudad supereficiente (Manizales)

Variable	Criterio	Expansión
Obtención de permisos de construcción	Tiempo	43,79%
	Costo	43,79%
Registro de propiedades	Tramites	43,79%

La ciudad con el mayor incremento del índice de eficiencia es Manizales (+0,4379), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión de los input “tiempo y costo para la obtención de permisos de construcción y trámites para el registro de propiedades”.

Las tablas 7.40 – 7.44 presentan el peso, peso ponderado y exceso para los input “X5=Tiempo, X6= Costo, X8=Trámites” en la DMU Manizales (0.0043, 0.167, 0), (0.0011, 0.168, 0), (0,0604, 0.664, 0). Lo anterior evidencia la trascendencia de estos input para la clasificación global de las ciudades 2013. Al verificar los inputs de otras DMU supereficientes, se evidencia que presentan excesos o pesos menores con respecto a Manizales.

La utilización del modelo de supereficiencia radial DEA Super CCR–I logra la discriminación de las 23 ciudades. No obstante, no logra discriminar las ciudades para tres de las cuatro variables consideradas individualmente (apertura de un negocio, numeral, obtención de permisos de construcción, pago de impuestos). Se propone entonces, la utilización de un modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM–I–C.

### 3.2.1.3 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM – I – C

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 55.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C

Facilidades para hacer negocios 2010			Facilidades para hacer negocios 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Bogotá	1,11336337755107	1	Manizales	1,18574425604181
2	Neiva	1,08777341263648	2	Ibagué	1,08661420906817
3	Manizales	1,08643306848834	3	Tunja	1,05742298952662
4	Ibagué	1,07539613969309	4	Armenia	1,05740007697212
5	Sincelejo	1,06381575565709	5	Bucaramanga	1,04621868441305
6	Pereira	1,04845627697446	6	Bogotá	1,02649573167841
7	Tunja	1,0381283037365	7	Neiva	1,02483842893456
8	Santa Marta	1,03599455093838	8	Montería	1,02174336828339
9	Villavicencio	1,03316975093775	9	Dosquebradas	1,02097144974332
10	Dosquebradas	1,03101374402552	10	Riohacha	1,01816070146049
11	Bucaramanga	1,02806228005324	11	Pereira	1,01682795808766
12	Armenia	1,02332364411618	12	Santa Marta	1,00855541667516
13	Riohacha	1,01707511478422	13	Medellín	1,00826446280992
14	Pasto	1,01331545933463	14	Cali	1,00549637213753
15	Popayán	1,01000199973803	15	Cartagena	1,00137257377017
16	Montería	1,00589600943145	16	Sincelejo	1,00080044232621
17	Valledupar	1,00520469618663	17	Popayán	0,889416458774258

18	Barranquilla	1,00069100946577	18	Valledupar	0,858466025414576
19	Cúcuta	0,922205723173307	19	Villavicencio	0,819314504169369
20	Medellín	0,852880763949091	20	Pasto	0,812542920413678
21	Cali	0,85061765172778	21	Barranquilla	0,761942214524494
22	Palmira	0,82212007455021	22	Cúcuta	0,756979934729228
23	Cartagena	0,768463555631708	23	Palmira	0,728936565078632

Fuente: Ejecución *Software* DEA – Solver V 7.0™

En ambas clasificaciones (2010, 2013), ninguna de las 23 ciudades conserva un ranking idéntico.

El modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM – I – C, discrimina las 23 ciudades Colombianas en los dos años estudiados. También discrimina individualmente las ciudades según cada una de las cuatro variables consideradas (apertura de un negocio, numeral 3.2.3.1; obtención de permisos de construcción, numeral 3.2.3.2; registro de propiedades, numeral 3.2.3.3; pago de impuestos, numeral 3.2.3.4).

En el capítulo 4, numeral 4.2.1.5, tabla 110 - 113, se explica la clasificación global de ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C.

#### **3.2.1.4 Comparación de las clasificaciones de las ciudades a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business**

##### **3.2.1.4.1 Respecto de la clasificación 2010**

Al comparar los rankings 2010 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 56.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Facilidades para hacer negocios 2010 (DEA Super SBM-I-C )		Facilidades para hacer negocios 2010 (Doing Business)	
Rank	DMU	Rank	DMU
1	Bogotá	1	Ibagué
2	Neiva	2	Manizales
3	Manizales	3	Pereira
4	Ibagué	4	Sincelejo
5	Sincelejo	5	Armenia
6	Pereira	6	Dosquebradas
7	Tunja	7	Bogotá
8	Santa Marta	8	Santa Marta
9	Villavicencio	9	Neiva
10	Dosquebradas	10	Valledupar
11	Bucaramanga	11	Tunja
12	Armenia	12	Riohacha
13	Riohacha	13	Montería
14	Pasto	14	Popayán
15	Popayán	15	Villavicencio
16	Montería	16	Pasto
17	Valledupar	17	Cúcuta
18	Barranquilla	18	Barranquilla

19	Cúcuta	19	Medellín
20	Medellín	20	Bucaramanga
21	Cali	21	Cali
22	Palmira	22	Palmira
23	Cartagena	23	Cartagena

Fuente: Elaboración propia

En 2010, Bogotá es la ciudad con mayor eficiencia según el modelo DEA Super SBM – I – C; mientras que en la metodología Doing Business se sitúa en la posición 7. Para Doing Business, el primer puesto lo ocupa Ibagué, mientras con DEA se sitúa en la posición 4. Dentro de las primeras 6 ciudades -en ambas metodologías-, se encuentran: Manizales, Ibagué, Sincelejo y Pereira. Coinciden en la clasificación –en posiciones secundarias-, Santa Marta (8), Barranquilla (18), Cali (21), Palmira (22), Cartagena (23).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades como Bogotá y Neiva, siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

#### 3.2.1.4.2 Respecto de la clasificación 2013

Al comparar los rankings 2013 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 57.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Clasificación de Ciudades 2013				
DEA Super SBM-I-C		Var	Doing Business	
Rank	Ciudad		Rank	Ciudad
1	Manizales	0	1	Manizales
2	Ibagué	0	2	Ibagué
3	Tunja	+10	3	Bogotá
4	Armenia	0	4	Armenia
5	Bucaramanga	+9	5	Pereira
6	Bogotá	-3	6	Santa Marta
7	Neiva	+2	7	Dosquebradas
8	Montería	+2	8	Valledupar
9	Dosquebradas	-2	9	Neiva
10	Riohacha	+2	10	Montería
11	Pereira	-6	11	Medellín
12	Santa Marta	-6	12	Riohacha
13	Medellín	-2	13	Tunja
14	Cali	+7	14	Bucaramanga
15	Cartagena	+3	15	Popayán
16	Sincelejo	0	16	Sincelejo
17	Popayán	-2	17	Villavicencio
18	Valledupar	-10	18	Cartagena
19	Villavicencio	-2	19	Pasto

20	Pasto	-1	20	Cúcuta
21	Barranquilla	+1	21	Cali
22	Cúcuta	-2	22	Barranquilla
23	Palmira	0	23	Palmira

Var- variación de la clasificación DEA respecto a Doing Business

Fuente: Elaboración propia

En 2013, Manizales e Ibagué coinciden como las ciudades con mayor eficiencia según ambas metodologías; también coinciden en la clasificación, Armenia (4), Sincelejo (16) y Palmira (23).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades como Tunja, Bucaramanga y Pereira, siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

### 3.2.2 Clasificación de las ciudades utilizando modelos DEA BCC-I, Super BCC-I y el Super SBM-I-V input orientados

Al correr los modelos DEA con retornos variables a escala e input orientados, tales como: BCC-I, Super BCC-I y el Super SBM-I-V, se obtienen exactamente las mismas clasificaciones que las encontradas con los modelos con retornos constantes a escala (CCR-I, Super CCR-I, Super SBM-I-C).

La ejecución del Modelo BCC-I determina respecto de los retornos a escala (RTS) para las 23 DMU (ciudades), que estos en su totalidad se comportan como CRS (tanto para DMU eficientes, como ineficientes).

RTS	Efficient	Projected	Total
No. of IRS	0	0	0
No. of CRS	16	7	23
No. of DRS	0	0	0
Total	16	7	23

Considerando que el modelo CCR orientado calcula la Eficiencia técnica global (ETG) y que el modelo BCC calcula la eficiencia técnica pura local (ETP). A partir de estos conceptos se puede estimar la eficiencia de escala ( $ES = ETG / ETP$ ), la cual mide el impacto del tamaño de la escala sobre la productividad de una DMU (divergencia entre el ranking de eficiencia de una DMU bajo los modelos CCR y BCC respectivamente).

Considerando lo anterior y partir de la salida del modelo BCC-I se concluye que la eficiencia de escala ( $SE = 1$ ) y por tal razón no existe divergencia entre el ranking de eficiencia de las DMU (ciudades) bajo los modelos CCR-I y BCC-I.

A continuación en la tabla 58, se presenta la clasificación de las ciudades a partir de los emparejamientos de los modelos CCR-I / BCC-I, S-CCR-I / S-BCC-I, SBM-I-C / SBM-I-V. Se evidencia que los modelos DEA considerados para la clasificación de las ciudades

colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, no son influidos por los retornos a escala.

**Tabla 58.** Comparativo clasificación 2013 de ciudades según modelos DEA (retornos constantes versus retornos variables)

CCR-I		BCC-I		Super CCR-I		Super BCC- I		Super SBM-I-C		Super SBM-I-V	
DMU		DMU		DMU		DMU		DMU		DMU	
1	Manizales	1	Manizales	1	Manizales	1	Manizales	1	Manizales	1	Manizales
1	Ibagué	1	Ibagué	2	Bogotá	2	Bogotá	2	Ibagué	2	Ibagué
1	Bogotá	1	Bogotá	3	Ibagué	3	Ibagué	3	Tunja	3	Tunja
1	Armenia	1	Armenia	4	Armenia	4	Armenia	4	Armenia	4	Armenia
1	Pereira	1	Pereira	5	Tunja	5	Tunja	5	Bucaramanga	5	Bucaramanga
1	Santa Marta	1	Santa Marta	6	Bucaramanga	6	Bucaramanga	6	Bogotá	6	Bogotá
1	Dosquebradas	1	Dosquebradas	7	Neiva	7	Neiva	7	Neiva	7	Neiva
1	Valledupar	1	Valledupar	8	Pereira	8	Pereira	8	Montería	8	Montería
1	Neiva	1	Neiva	9	Dosquebradas	9	Dosquebradas	9	Dosquebradas	9	Dosquebradas
1	Montería	1	Montería	10	Montería	10	Montería	10	Riohacha	10	Riohacha
1	Medellín	1	Medellín	11	Riohacha	11	Riohacha	11	Pereira	11	Pereira
1	Riohacha	1	Riohacha	12	Medellín	12	Medellín	12	Santa Marta	12	Santa Marta
1	Tunja	1	Tunja	13	Cali	13	Cali	13	Medellín	13	Medellín
1	Bucaramanga	1	Bucaramanga	14	Santa Marta	14	Santa Marta	14	Cali	14	Cali
1	Popayán	1	Popayán	15	Cartagena	15	Cartagena	15	Cartagena	15	Cartagena
1	Sincelejo	1	Sincelejo	16	Sincelejo	16	Sincelejo	16	Sincelejo	16	Sincelejo
1	Villavicencio	1	Villavicencio	17	Valledupar	17	Valledupar	17	Popayán	17	Popayán
1	Cartagena	1	Cartagena	17	Popayán	17	Popayán	18	Valledupar	18	Valledupar
1	Cali	1	Cali	17	Villavicencio	17	Villavicencio	19	Villavicencio	19	Villavicencio
20	Pasto	20	Pasto	20	Pasto	20	Pasto	20	Pasto	20	Pasto
21	Cúcuta	21	Cúcuta	21	Cúcuta	21	Cúcuta	21	Barranquilla	21	Barranquilla
22	Barranquilla	22	Barranquilla	22	Barranquilla	22	Barranquilla	22	Cúcuta	22	Cúcuta
23	Palmira	23	Palmira	23	Palmira	23	Palmira	23	Palmira	23	Palmira

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3 Clasificación de las ciudades colombianas mediante modelos DEA (Data Envelopment Analysis), según cada una de las variables consideradas

En segunda instancia se presenta la clasificación de las ciudades considerando individualmente cada una de las cuatro variables (apertura de un negocio, numeral 3.2.3.1; obtención de permisos de construcción, numeral 3.2.3.2; registro de propiedades, numeral 3.2.3.3; pago de impuestos, numeral 3.2.3.4).

#### 3.2.3.1 Clasificación con respecto a la variable “apertura de un negocio”

Los datos utilizados para establecer la clasificación de las ciudades con respecto a la variable “Apertura de un negocio”, corresponden a los reportes Doing Business para los años 2010 y 2013 (véase tabla 59). Los inputs corresponden a los criterios asociados a la variable; mientras como output se utiliza un valor estándar de 100 para todas las ciudades.

**Tabla 59.** Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010 / 2013, variable apertura de un negocio, según metodología DEA

DMU	Datos año 2010				Datos año 2013			
	(I)Proc	(I)Tiempo	(I)Costo	(O)	(I)Proc	(I)Tiempo	(I)Costo	(O)
Armenia	8	12	13.2	100	9	10	6.7	100
Barranquilla	9	17	14.9	100	11	20	7.6	100
Bogotá	9	20	14.3	100	10	16	7.6	100

Bucaramanga	9	38	18.9	100	9	11	12.0	100
Cali	11	13	14.5	100	9	11	7.8	100
Cartagena	11	27	19.4	100	9	14	7.6	100
Cúcuta	10	15	14.8	100	12	18	8.3	100
Ibagué	10	17	14.2	100	10	11	7.6	100
Manizales	9	10	14.3	100	10	12	7.6	100
Medellín	9	12	15.6	100	10	11	8.7	100
Montería	15	20	14.8	100	15	18	9.2	100
Neiva	8	8	29.2	100	9	10	22.6	100
Pasto	11	19	12.4	100	11	18	7.7	100
Pereira	8	11	14.3	100	9	11	7.7	100
Popayán	12	28	14.8	100	14	22	7.9	100
Riohacha	12	32	14.6	100	13	22	7.8	100
Santa Marta	9	10	14.7	100	9	11	7.6	100
Sincelejo	12	18	14.4	100	11	18	7.6	100
Tunja	16	30	14.6	100	17	34	7.8	100
Valledupar	14	24	14.2	100	17	23	7.8	100
Villavicencio	10	11	17.6	100	11	13	10.9	100
Dosquebradas	12	37	15.0	100	14	40	8.0	100
Palmira	9	11	14.7	100	10	13	7.8	100

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3.1.1 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo DEA CCR input orientado

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del Software DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 60.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR – I

Apertura de un negocio 2010			Apertura de un negocio 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Pereira	1	1	Santa Marta	1
1	Armenia	1	1	Armenia	1
1	Pasto	1	1	Pereira	1
1	Neiva	1	1	Neiva	1
1	Manizales	1	1	Bucaramanga	1
6	Santa Marta	0,996487593052403	1	Cali	1
7	Palmira	0,959239538492373	1	Cartagena	1
8	Bogotá	0,921681909585615	8	Medellín	0,909090909090909
9	Cali	0,916816245241502	8	Ibagué	0,909090909090909
10	Ibagué	0,911786072237419	10	Palmira	0,9
11	Medellín	0,910144852994022	10	Manizales	0,9
12	Villavicencio	0,891729835421695	10	Bogotá	0,9
13	Barranquilla	0,889687367848702	13	Barranquilla	0,883098308782163
14	Bucaramanga	0,888888888888889	14	Sincelejo	0,881144813602203
15	Sincelejo	0,886258042376964	15	Pasto	0,870870434980564
16	Cúcuta	0,883440637008103	16	Valledupar	0,864757435860336
17	Valledupar	0,87345521296987	17	Riohacha	0,863507679798088
18	Riohacha	0,860193769445099	18	Tunja	0,859073602193793
19	Popayán	0,852923336114837	19	Popayán	0,850072786691448
20	Montería	0,849852517910055	20	Dosquebradas	0,843557684999873
21	Tunja	0,84703477257709	21	Villavicencio	0,818181818181818
22	Dosquebradas	0,843775973901905	22	Cúcuta	0,809973433730464
23	Cartagena	0,727272727272727	23	Montería	0,732208375763507

### ***Respecto de la Clasificación 2010***

Las ciudades de Manizales, Armenia, Neiva, Pasto y Pereira se consideran eficientes (21.74%, con score = 1); las restantes 18 se consideran ineficientes (78.26%, con score <1).

A partir de la información de las tablas 6.1 - 6.2, al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V1(X1)$ ,  $V2(X2)$ ,  $V3(X3)$ ) se establece que para Armenia, Neiva, Pereira ( $V2=0$ ,  $V3=0$ ) y Pasto ( $V2=0$ ); por lo tanto, son CCR ineficientes. Pasto tiene una entrada  $X1=11$ ; mientras Manizales tiene una entrada  $X1=9$ ; es decir, Pasto usa un exceso de 2 unidades en la entrada  $X1$ , con respecto a Manizales (ambas son eficientes).

En el caso de las ciudades ineficientes, los pesos óptimos sugieren que la reducción de una u otra entrada tendrá un mayor efecto en la eficiencia de la DMU (en el caso de Barranquilla  $V3/V1 = 3.56$ , indica que una reducción en la entrada  $X3$ , tendrá un efecto mucho más significativo que una contracción de la entrada  $X1$ ).

A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. Como ejemplo se considera a Bucaramanga, la cual podría hacerse eficiente tomando como referencia a Armenia (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Bucaramanga debe reducir sus entradas en aproximadamente un 11%. Es decir, llevar la entrada  $X2$  de 38 a 33.778, y aún puede observarse un exceso para  $X2$  con respecto de Armenia (ciudad de referencia con  $X2=12$ ) de 21.778.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Barranquilla presenta un peso ponderado para  $X3$  de 85.2%, cuando los inputs considerados son  $X1$ ,  $X2$ ,  $X3$ ).

### ***Respecto de la Clasificación 2013***

Ahora siete ciudades son eficientes. El 30.43% se sitúan en la frontera de eficiencia (Santa Marta, Armenia, Pereira, Neiva, Bucaramanga, Cali y Cartagena con score = 1); las restantes 16 se consideran ineficientes (69.57%, con score < 1). Con respecto a 2010 Manizales y Pasto dejan de ser eficientes; Santa marta, Bucaramanga, Cali y Cartagena ahora son eficientes.

A partir de la información de las tablas 6.3 - 6.4, al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V1(X1)$ ,  $V2(X2)$ ,  $V3(X3)$ ) se establece que para las siete ciudades ( $V2=0$ ,  $V3=0$ ); por lo tanto son CCR ineficientes. Cartagena tiene una entrada  $X2=14$ ; mientras Armenia tiene una entrada  $X2=10$ ; es decir, Cartagena usa un exceso de 4 unidades en la entrada  $X2$ , con respecto a Armenia (ambas son eficientes).



A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. De manera especial Armenia es referente para todas las demás ciudades; es decir, podrían hacerse eficientes tomando como referencia a Armenia (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Bogotá debe reducir sus entradas en aproximadamente un 10%. Es decir, llevar la entrada X2 de 16 a 14.40, y aún puede observarse un exceso para X2 con respecto de Armenia (ciudad de referencia con X2=10) de 4.40.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Barranquilla presenta un peso ponderado para X3 de 100%, cuando los inputs considerados son X1, X2, X3).

**Observación:** Aunque se dispone de información importante para la toma de decisiones, el modelo DEA – CCR *input* orientado no logra la discriminación de las 23 ciudades con respecto a la variable “**Apertura de un negocio**” (objetivo central del proyecto). Se propone entonces, la utilización de un modelo con mayor fuerza para la discriminación de las DMU eficientes (score = 1). Se utilizará una evolución del CCR-I, denominado modelo de supereficiencia DEA Super CCR-I.

### 3.2.3.1.2 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR\_I

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 61.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I

Apertura de un negocio 2010			Apertura de un negocio 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Neiva	1,25	1	Armenia	1,12651175277417
2	Pasto	1,06945798971571	2	Santa Marta	1
3	Armenia	1,05932802524897	2	Pereira	1
4	Pereira	1,02546791533891	2	Neiva	1
5	Manizales	1,01785718639605	2	Bucaramanga	1
6	Santa Marta	0,996487593052403	2	Cali	1
7	Palmira	0,959239538492373	2	Cartagena	1
8	Bogotá	0,921681909585615	8	Medellín	0,909090909090909
9	Cali	0,916816245241502	8	Ibagué	0,909090909090909
10	Ibagué	0,911786072237419	10	Palmira	0,9
11	Medellín	0,910144852994022	10	Manizales	0,9
12	Villavicencio	0,891729835421695	10	Bogotá	0,9
13	Barranquilla	0,889687367848702	13	Barranquilla	0,883098308782163
14	Bucaramanga	0,888888888888889	14	Sincelejo	0,881144813602203

15	Sincelejo	0,886258042376964	15	Pasto	0,870870434980564
16	Cúcuta	0,883440637008103	16	Valledupar	0,864757435860336
17	Valledupar	0,87345521296987	17	Riohacha	0,863507679798088
18	Riohacha	0,860193769445099	18	Tunja	0,859073602193793
19	Popayán	0,852923336114837	19	Popayán	0,850072786691448
20	Montería	0,849852517910055	20	Dosquebradas	0,843557684999873
21	Tunja	0,84703477257709	21	Villavicencio	0,818181818181818
22	Dosquebradas	0,843775973901905	22	Cúcuta	0,809973433730464
23	Cartagena	0,727272727272727	23	Montería	0,732208375763507

Fuente: Ejecución *Software DEA – Solver V 7.0™*

### **Con respecto de la clasificación 2010**

El modelo DEA Super CCR-I discrimina las 5 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score = 1). Ahora Pereira, Armenia, Pasto, Neiva y Manizales presentan índices de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 62.** Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Pereira	1	1	Neiva	1,25
1	Armenia	1	2	Pasto	1,06945798971571
1	Pasto	1	3	Armenia	1,05932802524897
1	Neiva	1	4	Pereira	1,02546791533891
1	Manizales	1	5	Manizales	1,01785718639605

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 63.** Proyección de inputs para ciudades supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Neiva	1,25	12,50%	25,00%	-51,04%
2	Pasto	1,06945798971571	-27,27%	-36,84%	6,95%
3	Armenia	1,05932802524897	5,93%	2,21%	5,93%
4	Pereira	1,02546791533891	2,55%	2,55%	2,55%
5	Manizales	1,01785718639605	-0,99%	1,79%	1,79%

La ciudad con el mayor incremento del índice de eficiencia es Neiva (+0,25), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión del input “tiempo requerido para la apertura de una empresa”.

Las tablas 7.1 – 7.2 presentan el peso, peso ponderado y exceso para el input “X2=Tiempo” en la DMU Neiva (0.125, 1.0, 0.0). Lo anterior evidencia la trascendencia de este input para la clasificación de las ciudades respecto de la variable “Apertura de un negocio 2010”. Al verificar el input de otras DMU supereficientes, se evidencia que presentan exceso o un peso menor con respecto a Neiva.

### **Con respecto de la clasificación 2013**

El modelo DEA Super CCR-I discrimina una de las 7 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score = 1). Ahora Armenia presenta índice de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 64. Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I**

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Santa Marta	1	1	Armenia	1,12651175277417
1	Armenia	1	2	Santa Marta	1
1	Pereira	1	2	Pereira	1
1	Neiva	1	2	Neiva	1
1	Bucaramanga	1	2	Bucaramanga	1
1	Cali	1	2	Cali	1
1	Cartagena	1	2	Cartagena	1

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 65. Proyección de inputs para ciudades supereficientes**

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Armenia	1,12651175277417	10,13%	12,65%	12,65%

La ciudad de Armenia presenta incremento del índice de eficiencia (+0,1265), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión de los input “tiempo y costo requerido para la apertura de una empresa”.

Las tablas 7.5 – 7.6 presentan el peso, peso ponderado y exceso para los input “X2=Tiempo, X3=Costo” en la DMU Neiva (0.0005, 0.0048, 0), (0.1483, 0.995241, 0). Lo anterior evidencia la trascendencia de estos input para la clasificación de las ciudades respecto de la variable “Apertura de un negocio 2013”. Al verificar los inputs de otras DMU eficientes, se evidencia que presentan excesos o pesos menores con respecto a Armenia.

El modelo de supereficiencia radial DEA Super CCR– I no logra para 2013 la discriminación de las 23 ciudades con respecto a la variable “Apertura de un negocio” (aunque lo logra para 2010). Se propone entonces, la utilización de un modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM–I–C.

#### **3.2.3.1.3 Clasificación de las ciudades utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM – I – C**

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 66.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C

Apertura de un negocio 2010			Apertura de un negocio 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Neiva	1,125	1	Armenia	1,07969045322413
2	Armenia	1,02756150197713	2	Santa Marta	0,928999677558809
3	Pasto	1,02315266323857	3	Pereira	0,928570334962875
4	Pereira	1,01740968229742	4	Cali	0,92491142893391
5	Manizales	1,00894102847031	5	Ibagué	0,898895680420319
6	Santa Marta	0,991292532669605	6	Manizales	0,871833442395603
7	Palmira	0,95457829367248	7	Cartagena	0,867671156773693
8	Medellín	0,908052373845733	8	Medellín	0,860220980357809
9	Villavicencio	0,8711479448759	9	Palmira	0,842061123390899
10	Cali	0,854737183915149	10	Bucaramanga	0,822217775076937
11	Cúcuta	0,831273403277846	11	Bogotá	0,804575918678455
12	Barranquilla	0,828199015137541	12	Neiva	0,765672520019125
13	Ibagué	0,813427126398247	13	Sincelejo	0,751627395779859
14	Bogotá	0,805499225604067	14	Pasto	0,748202602905979
15	Sincelejo	0,75111019109035	15	Villavicencio	0,734780009758153
16	Montería	0,674834473608099	16	Barranquilla	0,733760042321327
17	Valledupar	0,668517409199346	17	Cúcuta	0,705176329762007
18	Popayán	0,663843497372209	18	Riohacha	0,670120275550412
19	Riohacha	0,649132293695561	19	Popayán	0,649158461364682
20	Bucaramanga	0,634737978568742	20	Montería	0,629254643773021
21	Dosquebradas	0,625154066487079	21	Valledupar	0,60965060308729
22	Cartagena	0,617464264623188	22	Dosquebradas	0,578804942619005
23	Tunja	0,601956035033199	23	Tunja	0,5608676713195

Fuente: Ejecución *Software DEA – Solver V 7.0™*

El modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA – Super SBM – I – C, discrimina las 23 ciudades Colombianas en los dos años estudiados, con respecto a la variable “**Apertura de un negocio**”.

En el capítulo 4, numeral 4.2.1.1, tabla 106, se explica la clasificación de ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C, variable “**Apertura de un negocio**”.

### 3.2.3.1.4 Comparativo clasificación de las ciudades a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business

#### *Respecto de la clasificación 2010*

Al comparar los rankings 2010 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 67.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Apertura de un negocio 2010 (DEA Super SBM-I-C )		Apertura de un negocio 2010 (Doing Business)	
Rank	DMU	Rank	DMU
1	Neiva	1	Armenia
2	Armenia	2	Manizales
3	Pasto	2	Pereira

4	Pereira	4	Santa Marta
5	Manizales	5	Palmira
6	Santa Marta	6	Bogotá
7	Palmira	7	Ibagué
8	Medellín	8	Neiva
9	Villavicencio	9	Pasto
10	Cali	10	Medellín
11	Cúcuta	11	Cali
12	Barranquilla	12	Barranquilla
13	Ibagué	13	Villavicencio
14	Bogotá	14	Cúcuta
15	Sincelejo	15	Sincelejo
16	Montería	16	Valledupar
17	Valledupar	17	Bucaramanga
18	Popayán	18	Riohacha
19	Riohacha	19	Popayán
20	Bucaramanga	20	Montería
21	Dosquebradas	21	Tunja
22	Cartagena	22	Cartagena
23	Tunja	23	Dosquebradas

Fuente: Elaboración propia

En 2010, Neiva es la ciudad con mayor eficiencia según el modelo DEA Super SBM – I – C; mientras que en la metodología Doing Business se sitúa en la posición 8. Para Doing Business, el primer puesto lo ocupa Armenia, mientras con DEA se sitúa en la posición 2. Dentro de las primeras 6 ciudades -en ambas metodologías-, se encuentran: Armenia, Pereira, Manizales y Santa Marta. Coinciden en la clasificación –en posiciones secundarias- Barranquilla (12), Sincelejo (15).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades como Neiva y Pasto, siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

### ***Respecto de la clasificación 2013***

Al comparar los rankings 2013 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 68.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Apertura de un negocio 2013				
DEA Super SBM-I-C		Var	Doing Business	
Rank	Ciudad		Rank	Ciudad
1	Armenia	0	1	Armenia
2	Santa Marta	0	2	Santa Marta
3	Pereira	0	3	Pereira
4	Cali	0	4	Cali
5	Ibagué	-1	4	Ibagué
6	Manizales	+1	6	Cartagena

7	Cartagena	-1	7	Bogotá
8	Medellín	+3	7	Manizales
9	Palmira	+3	9	Neiva
10	Bucaramanga	0	10	Bucaramanga
11	Bogotá	-4	11	Medellín
12	Neiva	-3	12	Palmira
13	Sincelejo	0	13	Sincelejo
14	Pasto	+1	14	Barranquilla
15	Villavicencio	+1	15	Pasto
16	Barranquilla	-2	16	Villavicencio
17	Cúcuta	0	17	Cúcuta
18	Riohacha	0	18	Riohacha
19	Popayán	0	19	Popayán
20	Montería	0	20	Montería
21	Valledupar	0	21	Valledupar
22	Dosquebradas	+1	22	Tunja
23	Tunja	-1	23	Dosquebradas

Var- variación de la clasificación DEA respecto a Doing Business

Fuente: Elaboración propia

En 2013, Armenia, Santa Marta, Pereira, Cali e Ibagué coinciden como las ciudades con mayor eficiencia según ambas metodologías; también coinciden en la clasificación –en posiciones secundarias-, Bucaramanga (10), Sincelejo (13), Cúcuta (17), Riohacha (18), Popayán (19), Montería (20) y Valledupar (21).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades como Bogotá, siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

### 3.2.3.2 Clasificación con respecto a la variable “obtención de permisos de construcción”

Los datos utilizados para establecer la clasificación de las ciudades con respecto a la variable “**Obtención de permisos de construcción**”, corresponden a los reportes Doing Business para los años 2010 y 2013 (véase tabla 69). Los inputs corresponden a los criterios asociados a la variable; mientras como output se utiliza un valor estándar de 100 para todas las ciudades.

**Tabla 69.** Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010 / 2013, variable obtención de permisos de construcción, según metodología DEA

DMU	Datos año 2010				Datos año 2013			
	(I) Trámites	(I) Tiempo	(I) Costo	(O)	(I) Trámites	(I) Tiempo	(I)Costo	(O)
Armenia	12	64	85,7	100	10	62	79,1	100
Barranquilla	9	114	144,6	100	9	114	144,8	100
Bogotá	9	47	354,0	100	8	46	312,0	100
Bucaramanga	14	119	86,1	100	11	101	80,7	100
Cali	14	122	120,1	100	10	95	135,1	100
Cartagena	10	80	349,0	100	8	78	296,3	100
Cúcuta	10	73	161,1	100	9	69	198,1	100

Ibagué	10	184	98,8	100	9	138	92,4	100
Manizales	9	72	168,8	100	8	39	156,9	100
Medellín	9	164	190,7	100	8	119	175,9	100
Montería	11	74	108,5	100	9	71	96,7	100
Neiva	13	84	75,5	100	13	84	75,7	100
Pasto	11	116	120,4	100	10	115	111,5	100
Pereira	11	66	87,0	100	8	63	104,2	100
Popayán	13	64	143,4	100	11	62	124,1	100
Riohacha	11	80	101,9	100	11	80	83,9	100
Santa Marta	9	75	133,5	100	8	74	121,7	100
Sincelejo	11	81	102,5	100	13	83	119,2	100
Tunja	13	91	76,9	100	11	89	68,2	100
Valledupar	10	119	159,7	100	9	118	136,8	100
Villavicencio	11	114	154,0	100	10	113	139,0	100
Dosquebradas	10	65	120,0	100	8	63	110,4	100
Palmira	14	105	200,2	100	11	101	279,9	100

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3.2.1 Clasificación utilizando el modelo DEA CCR input orientado

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 70.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR – I

Obtención de permisos de construcción 2010			Obtención de permisos de construcción 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Dosquebradas	1
1	Armenia	1	1	Armenia	1
1	Barranquilla	1	1	Tunja	1
1	Bogotá	1	1	Bogotá	1
1	Santa Marta	1	1	Santa Marta	1
1	Pereira	1	1	Pereira	1
1	Neiva	1	1	Cartagena	1
1	Medellín	1	1	Medellín	1
1	Ibagué	1	1	Manizales	1
1	Manizales	1	10	Ibagué	0,996423066030428
11	Tunja	0,990959547855521	11	Montería	0,976220091426596
12	Riohacha	0,955965187747093	12	Neiva	0,949991439872174
13	Sincelejo	0,954150536321943	13	Bucaramanga	0,937459052219159
14	Popayán	0,949939781228314	14	Riohacha	0,922899842658112
15	Montería	0,940873797521261	15	Barranquilla	0,888888888888889
16	Cúcuta	0,937201775734305	15	Valledupar	0,888888888888889
17	Pasto	0,902096940263163	15	Cúcuta	0,888888888888889
18	Bucaramanga	0,901802772837422	18	Popayán	0,865277266987589
19	Valledupar	0,9	19	Pasto	0,863338593714537
19	Cartagena	0,9	20	Villavicencio	0,8
21	Villavicencio	0,832146880397811	20	Cali	0,8
22	Cali	0,76344557436505	22	Sincelejo	0,734461109245631
23	Palmira	0,670389304408224	23	Palmira	0,727272727272727

Fuente: Ejecución *Software* DEA – Solver V 7.0™

### ***Respecto de la clasificación 2010***

Las ciudades de Armenia, Barranquilla, Bogotá, Ibagué, Manizales, Medellín, Neiva, Pereira, Santa Marta y Dosquebradas se consideran eficientes (43.48%, con score = 1); las restantes 13 se consideran ineficientes (56.52%, con score < 1).

A partir de la información de las tablas 6.5 - 6.6, al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V1(X1)$ ,  $V2(X2)$ ,  $V3(X3)$ ) se establece que únicamente Armenia y Dosquebradas ( $V1 \neq 0$ ,  $V2 \neq 0$ ,  $V3 \neq 0$ ); por lo tanto se consideran CCR eficientes. Barranquilla tiene una entrada  $X2=114$ ; mientras Armenia tiene una entrada  $X2=64$ ; es decir, Barranquilla usa un exceso aproximado de 40 unidades en la entrada  $X2$ , con respecto a Armenia (ambas son eficientes).

En el caso de las ciudades ineficientes, los pesos óptimos sugieren que la reducción de una u otra entrada tendrá un mayor efecto en la eficiencia de la DMU (en el caso de Cali  $V1/V3=23$ , indica que una reducción en la entrada  $X1$ , tendrá un efecto mucho más significativo que una contracción de la entrada  $X3$ ).

A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. Como ejemplo se considera a Barranquilla, la cual podría hacerse eficiente tomando como referencia a Santa Marta (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Sincelejo debe reducir sus entradas en aproximadamente un 4,6%. Es decir, llevar la entrada  $X2$  de 81 a 77,29, y aún puede observarse un exceso para  $X2$  con respecto de Pereira y Santa Marta (ciudades de referencia con  $X2=66$  y  $X2=75$ ) de 11 y 2,29 unidades respectivamente.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Cali presenta un peso ponderado para  $X1$  de 71.48%, cuando los inputs considerados son  $X1$ ,  $X2$ ,  $X3$ ).

### ***Respecto de la clasificación 2013***

Ahora nueve ciudades son eficientes. El 39.13% se sitúan en la frontera de eficiencia (Armenia, Bogotá, Cartagena, Manizales, Medellín, Pereira, Santa Marta, Tunja, Dosquebradas. Score = 1); las restantes 14 se consideran ineficientes (60.87%, score < 1). Con respecto a 2010 Barranquilla, Ibagué y Neiva, dejan de ser eficientes; Cartagena, Tunja y Dosquebradas ahora son eficientes.

A partir de la información de las tablas 6.7 - 6.8, al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V1(X1)$ ,  $V2(X2)$ ,  $V3(X3)$ ) se establece que para las nueve ciudades ( $V2=0$  y/o  $V3=0$ ), por lo tanto son CCR ineficientes. Cartagena tiene una entrada  $X2=78$ ; mientras Armenia tiene una entrada  $X2=62$ ; es decir, Cartagena



usa un exceso de 16 unidades en la entrada X2, con respecto a Armenia (ambas son eficientes).

En el caso de las ciudades ineficientes, los pesos óptimos sugieren que la reducción de una u otra entrada tendrá un mayor efecto en la eficiencia de la DMU (en el caso de Bucaramanga  $V1/V3 = 10,8$ , indica que una reducción en la entrada X1, tendrá un efecto mucho más significativo que una contracción de la entrada X3).

A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. Como ejemplo se considera a Barranquilla, la cual podría hacerse eficiente tomando como referencia a Santa Marta (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Sincelejo debe reducir sus entradas en aproximadamente un 26,5%. Es decir, llevar la entrada X1 de 13 a 9.5, y aún puede observarse un exceso para X1 con respecto de Pereira (ciudad de referencia con  $X1=8$ ) de 1,5 unidades.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Cali presenta un peso ponderado para X1 de 100%, cuando los inputs considerados son X1, X2, X3).

**Observación:** Aunque se dispone de información importante para la toma de decisiones, el modelo DEA – CCR *input* orientado no logra la discriminación de las 23 ciudades con respecto a la variable “**Obtención de permisos de construcción**” (objetivo central del proyecto). Se propone entonces, la utilización de un modelo con mayor fuerza para la discriminación de las DMU eficientes (score = 1). Se utilizará una evolución del CCR-I, denominado modelo de supereficiencia DEA Super CCR-I.

### 3.2.3.2.2 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR-I

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 71.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I

Obtención de permisos de construcción 2010			Obtención de permisos de construcción 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Bogotá	1,36170212765957	1	Manizales	1,35458748513856
2	Pereira	1,05312648689821	2	Armenia	1,1604394369566
3	Santa Marta	1,0514740086895	3	Tunja	1,12151856189539
4	Neiva	1,03539465701989	4	Pereira	1,02660441807708
5	Ibagué	1,03439749152833	5	Dosquebradas	1
6	Armenia	1,02989269869626	5	Bogotá	1
7	Dosquebradas	1,02757147411973	5	Cartagena	1
8	Barranquilla	1	5	Santa Marta	1

8	Medellín	1	5	Medellín	1
8	Manizales	1	10	Ibagué	0,996423066030428
11	Tunja	0,990959547855521	11	Montería	0,976220091426596
12	Riohacha	0,955965187747093	12	Neiva	0,949991439872174
13	Sincelejo	0,954150536321937	13	Bucaramanga	0,93745905221916
14	Popayán	0,949939781228314	14	Riohacha	0,922899842658112
15	Montería	0,940873797521261	15	Valledupar	0,888888888888889
16	Cúcuta	0,937201775734305	15	Cúcuta	0,888888888888889
17	Pasto	0,902096940263163	15	Barranquilla	0,888888888888889
18	Bucaramanga	0,901802772837422	18	Popayán	0,865277266987592
19	Cartagena	0,9	19	Pasto	0,863338593714537
19	Valledupar	0,9	20	Cali	0,8
21	Villavicencio	0,832146880397811	20	Villavicencio	0,8
22	Cali	0,763445574365049	22	Sincelejo	0,734461109245631
23	Palmira	0,670389304408224	23	Palmira	0,727272727272727

Fuente: Ejecución *Software DEA – Solver V 7.0™*

### **Respecto de la clasificación 2010**

El modelo DEA Super CCR-I discrimina 7 de las 10 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score = 1). Ahora Bogotá, Pereira, Santa Marta, Neiva, Armenia y Dosquebradas presentan índices de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 72.** Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Bogotá	1,36170212765957
1	Armenia	1	2	Pereira	1,05312648689821
1	Barranquilla	1	3	Santa Marta	1,0514740086895
1	Bogotá	1	4	Neiva	1,03539465701989
1	Santa Marta	1	5	Ibagué	1,03439749152833
1	Pereira	1	6	Armenia	1,02989269869626
1	Neiva	1	7	Dosquebradas	1,02757147411973
1	Medellín	1	8	Barranquilla	1
1	Ibagué	1	8	Medellín	1
1	Manizales	1	8	Manizales	1

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 73.** Proyección de inputs para ciudades supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Bogotá	1,36170212765957	36,17%	36,17%	-71,64%
2	Pereira	1,05312648689821	5,31%	5,31%	5,31%
3	Santa Marta	1,0514740086895	5,15%	5,15%	5,15%
4	Neiva	1,03539465701989	-1,15%	3,54%	3,54%
5	Ibagué	1,03439749152833	3,44%	-62,53%	3,44%
6	Armenia	1,02989269869626	-8,41%	2,99%	2,99%
7	Dosquebradas	1,02757147411973	2,76%	2,76%	2,76%

La ciudad con el mayor incremento del índice de eficiencia es Bogotá (+0,3617), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión de los input “trámites y tiempo requerido para la obtención de permisos de construcción”.

Las tablas 7.9 – 7.10 presentan el peso, peso ponderado y exceso para el input “X2=Tiempo” en la DMU Bogotá (0.021, 1.0, 0.0). Lo anterior evidencia la trascendencia de este input para la clasificación de las ciudades respecto de la variable “Obtención de permisos de construcción 2010”. Al verificar el input de otras DMU supereficientes, se evidencia que presentan exceso o un peso menor con respecto a Bogotá.

### **Respecto de la clasificación 2013**

El modelo DEA Super CCR-I discrimina 4 de las 9 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score = 1). Ahora Manizales, Armenia, Tunja y Pereira presentan índices de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 74.** Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Manizales	1,35458748513856
1	Armenia	1	2	Armenia	1,1604394369566
1	Tunja	1	3	Tunja	1,12151856189539
1	Bogotá	1	4	Pereira	1,02660441807708
1	Santa Marta	1	5	Dosquebradas	1
1	Pereira	1	5	Bogotá	1
1	Cartagena	1	5	Cartagena	1
1	Medellín	1	5	Santa Marta	1
1	Manizales	1	5	Medellín	1

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 75.** Proyección de inputs para ciudades supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Manizales	1,35458748513856	10,67%	35,46%	35,46%
2	Armenia	1,1604394369566	-9,68%	16,04%	16,04%
3	Tunja	1,12151856189539	12,15%	-11,08%	12,15%
4	Pereira	1,02660441807708	2,66%	2,66%	2,66%

La ciudad con el mayor incremento del índice de eficiencia es Manizales (+0,3545), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión de los input “tiempo y costo requerido para la obtención de permisos de construcción”.

Las tablas 7.13 – 7.14 presentan el peso, peso ponderado y exceso para los input “X2=Tiempo, X3=Costo” en la DMU Manizales (0.0201, 0.7834, 0), (0.0014, 0.2166, 0). Lo anterior evidencia la trascendencia de estos input para la clasificación de las ciudades respecto de la variable “Obtención de permisos de construcción 2013”. Al verificar los

inputs de otras DMU supereficientes, se evidencia que presentan excesos o pesos menores con respecto a Manizales.

El modelo de supereficiencia radial DEA Super CCR– I no logra la discriminación de las 23 ciudades con respecto a la variable “Obtención de permisos de construcción”. Se propone entonces, la utilización de un modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM–I–C.

### 3.2.3.2.3 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA – Super SBM – I – C

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – *Solver* V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 76.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C

Obtención de permisos de construcción 2010			Obtención de permisos de construcción 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Bogotá	1,16469661150512	1	Manizales	1,16825586227602
2	Pereira	1,02724095712691	2	Armenia	1,1030295903141
3	Santa Marta	1,0235314499302	3	Tunja	1,04801046928331
4	Dosquebradas	1,01908849476321	4	Pereira	1,01639084902322
5	Ibagué	1,01634407418786	5	Dosquebradas	0,981412885588807
6	Neiva	1,01605013845411	6	Montería	0,942902033078927
7	Armenia	1,01563048412081	7	Santa Marta	0,90261271538083
8	Manizales	0,976971798427156	8	Neiva	0,87747929625438
9	Tunja	0,960358731451162	9	Riohacha	0,87561184591587
10	Montería	0,898030535671527	10	Popayán	0,848868205694661
11	Riohacha	0,89290459880815	11	Bucaramanga	0,834260958012896
12	Sincelejo	0,88783233885519	12	Ibagué	0,814982773760912
13	Cúcuta	0,878309003284307	13	Bogotá	0,783625110385161
14	Barranquilla	0,860305341024925	14	Pasto	0,749542256597332
15	Popayán	0,840124103223442	15	Cúcuta	0,748844340755369
16	Bucaramanga	0,787404879685002	16	Cali	0,744885376944253
17	Pasto	0,763820304594146	17	Valledupar	0,728221463688443
18	Valledupar	0,760924115588595	18	Sincelejo	0,72659001120215
19	Medellín	0,719004458216006	19	Barranquilla	0,720389051920815
20	Cartagena	0,71872635840066	20	Medellín	0,707330427649903
21	Villavicencio	0,71463653053386	21	Villavicencio	0,702426902519067
22	Cali	0,6837774687995	22	Cartagena	0,676548469212337
23	Palmira	0,616297594529098	23	Palmira	0,558051303525404

Fuente: Ejecución *Software* DEA – *Solver* V 7.0™

El modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM – I – C, discrimina las 23 ciudades Colombianas en los dos años estudiados, con respecto a la variable “**Obtención de permisos de construcción**”.

En el capítulo 4, numeral 4.2.1.2, tabla 107, se explica la clasificación de ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C, variable “**Obtención de permisos de construcción**”.

### 3.2.3.2.4 Comparativo clasificación de las ciudades a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business

#### Respecto de la clasificación 2010

Al comparar los rankings 2010 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 77.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Obtención permisos de construcción 2010 (DEA Super SBM-I-C )		Obtención de permisos de construcción 2010 (Doing Business)	
Rank	DMU	Rank	DMU
1	Bogotá	1	Dosquebradas
2	Pereira	2	Pereira
3	Santa Marta	3	Armenia
4	Dosquebradas	4	Santa Marta
5	Ibagué	5	Bogotá
6	Neiva	6	Manizales
7	Armenia	7	Montería
8	Manizales	7	Riohacha
9	Tunja	9	Cúcuta
10	Montería	10	Sincelejo
11	Riohacha	11	Barranquilla
12	Sincelejo	11	Neiva
13	Cúcuta	13	Popayán
14	Barranquilla	13	Tunja
15	Popayán	15	Ibagué
16	Bucaramanga	16	Cartagena
17	Pasto	17	Pasto
18	Valledupar	18	Valledupar
19	Medellín	19	Villavicencio
20	Cartagena	20	Medellín
21	Villavicencio	21	Bucaramanga
22	Cali	22	Cali
23	Palmira	23	Palmira

Fuente: Elaboración propia

En 2010, Bogotá es la ciudad con mayor eficiencia según el modelo DEA Super SBM – I – C; mientras que en la metodología Doing Business se sitúa en la posición 5. Para Doing Business, el primer puesto lo ocupa Dosquebradas, mientras con DEA se sitúa en la posición 4. Dentro de las primeras 6 ciudades -en ambas metodologías-, se encuentran: Bogotá, Pereira, Santa Marta y Dosquebradas. Coinciden en la clasificación –en posiciones secundarias- Pasto (17), Valledupar (18), Palmira (23).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades como Ibagué, Neiva y Tunja, siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

### **Respecto de la clasificación 2013**

Al comparar los rankings 2013 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 78.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Obtención de permisos de construcción 2013				
DEA Super SBM-I-C		Var	Doing Business	
Rank	Ciudad		Rank	Ciudad
1	Manizales	+3	1	Pereira
2	Armenia	+1	2	Dosquebradas
3	Tunja	+5	3	Armenia
4	Pereira	-3	4	Manizales
5	Dosquebradas	-3	5	Santa Marta
6	Montería	0	6	Montería
7	Santa Marta	-2	7	Bogotá
8	Neiva	+5	8	Tunja
9	Riohacha	0	9	Popayán
10	Popayán	-1	9	Riohacha
11	Bucaramanga	+2	11	Cartagena
12	Ibagué	+3	12	Cúcuta
13	Bogotá	-6	13	Bucaramanga
14	Pasto	+4	13	Neiva
15	Cúcuta	-3	15	Ibagué
16	Cali	0	16	Cali
17	Valledupar	+2	17	Medellín
18	Sincelejo	+3	18	Pasto
19	Barranquilla	0	19	Barranquilla
20	Medellín	-3	19	Valledupar
21	Villavicencio	+1	21	Sincelejo
22	Cartagena	0	22	Villavicencio
23	Palmira	0	23	Palmira

Var- variación de la clasificación DEA respecto a Doing Business

Fuente: Elaboración propia

En 2013, Manizales es la ciudad con mayor eficiencia según el modelo DEA Super SBM – I – C; mientras que en la metodología Doing Business se sitúa en la posición 4. Para Doing Business, el primer puesto lo ocupa Dosquebradas, mientras con DEA se sitúa en la posición 4. Dentro de las primeras 6 ciudades -en ambas metodologías-, se encuentran: Manizales, Armenia, Pereira, Dosquebradas y Montería. Coinciden en la clasificación –en posiciones secundarias- Cali (16), Barranquilla (19), Palmira (23).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades como Neiva, siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

### 3.2.3.3 Clasificación con respecto a la variable “registro de propiedades”

Los datos utilizados para establecer la clasificación de las ciudades con respecto a la variable “**Registro de propiedades**”, corresponden a los reportes Doing Business para los años 2010 y 2013 (véase tabla 79). Los inputs corresponden a los criterios asociados a la variable; mientras como output se utiliza un valor estándar de 100 para todas las ciudades.

**Tabla 79.** Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010 / 2013, variable registro de propiedades, según metodología DEA

DMU	Datos año 2010				Datos año 2013			
	(I)Trámites	(I)Tiempo	(I)Costo	(O)	(I)Trámites	(I)Tiempo	(I)COSTO	(O)
Armenia	11	18	2,6	100	11	18	2,6	100
Barranquilla	13	18	4,0	100	12	17	4,0	100
Bogotá	7	20	2,0	100	7	15	2,0	100
Bucaramanga	13	21	2,5	100	13	21	2,4	100
Cali	11	25	2,1	100	13	32	2,1	100
Cartagena	12	35	2,7	100	12	33	2,6	100
Cúcuta	13	26	2,1	100	12	27	2,1	100
Ibagué	8	15	1,9	100	8	15	1,9	100
Manizales	10	12	2,0	100	9	11	1,9	100
Medellín	10	22	2,3	100	10	22	2,2	100
Montería	12	27	2,0	100	12	27	2,0	100
Neiva	11	17	3,4	100	11	17	3,4	100
Pasto	11	37	2,0	100	10	36	1,9	100
Pereira	11	19	1,9	100	11	19	2,4	100
Popayán	11	29	2,0	100	11	29	2,0	100
Riohacha	9	26	2,0	100	9	26	1,9	100
Santa Marta	11	17	2,7	100	11	17	2,4	100
Sincelejo	11	15	2,0	100	13	17	2,0	100
Tunja	10	20	1,9	100	10	20	1,9	100
Valledupar	11	16	2,0	100	9	13	1,9	100
Villavicencio	11	30	2,5	100	10	29	2,3	100
Dosquebradas	12	20	1,9	100	11	19	2,4	100
Palmira	12	27	2,1	100	12	27	2,1	100

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.3.3.1 Clasificación utilizando el modelo DEA CCR input orientado

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 80.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR – I

Registro de propiedades 2010			Registro de propiedades 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Manizales	1	1	Manizales	1
1	Ibagué	1	1	Ibagué	1
1	Bogotá	1	1	Bogotá	1
4	Dosquebradas	0,984135239711482	4	Valledupar	0,994884795042642
5	Tunja	0,982377064908009	5	Tunja	0,97236397002601
6	Pereira	0,976453813312606	6	Pasto	0,968380127534068
7	Sincelejo	0,965042968734166	7	Riohacha	0,954495414673311
8	Pasto	0,963920847124762	8	Sincelejo	0,944636155337551

9	Valledupar	0,960576936624094	9	Montería	0,924448731847313
10	Riohacha	0,960524798042309	10	Popayán	0,923660113094807
11	Montería	0,937209399647135	11	Cúcuta	0,88906120687931
12	Popayán	0,93662154369155	12	Palmira	0,871446298929967
13	Cali	0,887273540612982	13	Cali	0,871335537108524
14	Palmira	0,887155738388905	14	Medellín	0,826341180930882
15	Cúcuta	0,887017895284476	15	Villavicencio	0,803783814848051
16	Medellín	0,813971111499175	16	Dosquebradas	0,768174688234515
17	Neiva	0,805970149253731	17	Pereira	0,767498330097802
17	Santa Marta	0,805970149253731	18	Santa Marta	0,766909280237428
19	Armenia	0,782608695652174	19	Bucaramanga	0,766166764795412
20	Bucaramanga	0,773648047686343	20	Neiva	0,743589743589744
21	Villavicencio	0,75970798244982	21	Armenia	0,733984973468272
22	Barranquilla	0,72	22	Barranquilla	0,707317073170732
23	Cartagena	0,704650911169453	23	Cartagena	0,701528516322915

Fuente: Ejecución *Software* DEA – *Solver* V 7.0™

### ***Respecto de la clasificación 2010***

Las ciudades de Bogotá, Ibagué y Manizales se consideran eficientes (13%, con score = 1); las restantes 20 se consideran ineficientes (87%, con score < 1).

A partir de la información de las tablas 6.9 - 6.10, al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V1(X1)$ ,  $V2(X2)$ ,  $V3(X3)$ ) se establece que para las nueve ciudades ( $V3=0$  y/o  $V2=0$ ), por lo tanto son CCR ineficientes. Manizales tiene una entrada  $X1=10$ ; mientras Bogotá tiene una entrada  $X1=7$ ; es decir, Manizales usa un exceso de 3 unidades en la entrada  $X1$ , con respecto a Bogotá (ambas son eficientes).

En el caso de las ciudades ineficientes, los pesos óptimos sugieren que la reducción de una u otra entrada tendrá un mayor efecto en la eficiencia de la DMU (en el caso de Armenia  $V1/V2 = 1.48$ , indica que una reducción en la entrada  $X1$ , tendrá un efecto mucho más significativo que una contracción de la entrada  $X2$ ).

A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. Como ejemplo se considera a Bucaramanga, la cual podría hacerse eficiente tomando como referencia a Ibagué. Es importante destacar que Ibagué es ciudad de referencia para 21 de las ciudades; es decir, estas podrían hacerse eficientes tomándola como referencia (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Armenia debe reducir sus entradas en aproximadamente un 21,74%. Es decir, llevar la entrada  $X1$  de 11 a 8.61, y aún puede observarse un exceso para  $X1$  con respecto de Ibagué (ciudad de referencia con  $X1=8$ ) de 0.61.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u



otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Bucaramanga presenta un peso ponderado para X3 de 100%, cuando los inputs considerados son X1, X2, X3).

### ***Respecto de la clasificación 2013***

En 2013 continúan siendo eficientes Bogotá, Ibagué y Manizales. El 13% se sitúan en la frontera de eficiencia (score = 1); las restantes 20 se consideran ineficientes (87%, con score < 1).

A partir de la información de las tablas 6.11 - 6.12, al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V1(X1)$ ,  $V2(X2)$ ,  $V3(X3)$ ) se establece que para las ciudades de Bogotá y Manizales ( $V3=0$  y/o  $V2=0$ ); por lo tanto son CCR ineficientes. Manizales tiene una entrada  $X1=9$ ; mientras Ibagué tiene una entrada  $X1=8$ ; es decir, Manizales usa un exceso de 1 unidad en la entrada X1, con respecto a Ibagué (ambas son eficientes).

En el caso de las ciudades ineficientes, los pesos óptimos sugieren que la reducción de una u otra entrada tendrá un mayor efecto en la eficiencia de la DMU (en el caso de Armenia  $V1/V2 = 3.8$ , indica que una reducción en la entrada X1, tendrá un efecto mucho más significativo que una contracción de la entrada X2).

A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. Como ejemplo se considera a Bucaramanga, la cual podría hacerse eficiente tomando como referencia a Ibagué. Es importante destacar que Ibagué es ciudad de referencia para 19 de las ciudades; es decir, estas podrían hacerse eficientes tomándola como referencia (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Armenia debe reducir sus entradas en aproximadamente un 26.6%. Es decir, llevar la entrada X1 de 11 a 8,74, y aún puede observarse un exceso para X1 con respecto de Ibagué (ciudad de referencia con  $X1=8$ ) de 0,74.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Bucaramanga presenta un peso ponderado para X3 de 100%, cuando los inputs considerados son X1, X2, X3).

**Observación:** Aunque se dispone de información importante para la toma de decisiones, el modelo DEA – CCR *input* orientado no logra la discriminación de las 23 ciudades con respecto a la variable “**Registro de propiedades**” (objetivo central del proyecto). Se propone entonces, la utilización de un modelo con mayor fuerza para la discriminación de

las DMU eficientes (score = 1). Se utilizará una evolución del CCR-I, denominado modelo de supereficiencia DEA Super CCR-I.

### 3.2.3.3.2 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR-I

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del Software DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 81.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I

Registro de propiedades 2010			Registro de propiedades 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Manizales	1,25	1	Manizales	1,18181818181818
2	Bogotá	1,14285714285714	2	Bogotá	1,14285714285714
3	Ibagué	1,06422018348624	3	Ibagué	1,03180262608144
4	Dosquebradas	0,984135239711482	4	Valledupar	0,994884795042642
5	Tunja	0,982377064908009	5	Tunja	0,97236397002601
6	Pereira	0,976453813312606	6	Pasto	0,968380127534068
7	Sincedejo	0,965042968734166	7	Riohacha	0,954495414673311
8	Pasto	0,963920847124762	8	Sincedejo	0,944636155337552
9	Valledupar	0,960576936624095	9	Montería	0,924448731847313
10	Riohacha	0,960524798042309	10	Popayán	0,923660113094807
11	Montería	0,937209399647135	11	Cúcuta	0,88906120687931
12	Popayán	0,93662154369155	12	Palmira	0,871446298929966
13	Cali	0,887273540612982	13	Cali	0,871335537108524
14	Palmira	0,887155738388905	14	Medellín	0,826341180930882
15	Cúcuta	0,887017895284476	15	Villavicencio	0,803783814848051
16	Medellín	0,813971111499175	16	Dosquebradas	0,768174688234515
17	Neiva	0,805970149253731	17	Pereira	0,767498330097802
17	Santa Marta	0,805970149253731	18	Santa Marta	0,766909280237428
19	Armenia	0,782608695652174	19	Bucaramanga	0,766166764795412
20	Bucaramanga	0,773648047686343	20	Neiva	0,743589743589744
21	Villavicencio	0,75970798244982	21	Armenia	0,733984973468272
22	Barranquilla	0,72	22	Barranquilla	0,707317073170732
23	Cartagena	0,704650911169453	23	Cartagena	0,701528516322915

Fuente: Ejecución Software DEA – Solver V 7.0™

### Respecto de la clasificación 2010

El modelo DEA Super CCR-I discrimina las 3 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score = 1). Ahora Manizales, Bogotá e Ibagué presentan índices de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 82.** Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Manizales	1	1	Manizales	1,25
1	Ibagué	1	2	Bogotá	1,14285714
1	Bogotá	1	3	Ibagué	1,06422018

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 83.** Proyección de inputs para ciudades supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Manizales	1,25	10,00%	25,00%	0,65%
2	Bogotá	1,14285714	14,29%	-25,00%	-7,16%
3	Ibagué	1,06422018	6,42%	6,42%	5,64%

La ciudad con el mayor incremento del índice de eficiencia es Manizales (+0,25), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión del input “tiempo requerido para el registro de propiedades”.

Las tablas 7.17 – 7.18 presentan el peso, peso ponderado y exceso para el input “X2=Tiempo” en la DMU Manizales (0.083, 1.0, 0.0). Lo anterior evidencia la trascendencia de este input para la clasificación de las ciudades respecto de la variable “Registro de propiedades 2010”. Al verificar el input de otras DMU supereficientes, se evidencia que presenta exceso o un peso menor con respecto a Manizales.

#### **Respecto de la clasificación 2013**

El modelo DEA Super CCR-I discrimina las 3 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score = 1). Ahora Manizales, Bogotá e Ibagué presentan índices de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 84.** Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Manizales	1	1	Manizales	1,18181818181818
1	Ibagué	1	2	Bogotá	1,14285714285714
1	Bogotá	1	3	Ibagué	1,03180262608144

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 85.** Proyección de inputs para ciudades supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Manizales	1,18181818181818	0,00%	18,18%	0,30%
2	Bogotá	1,14285714285714	14,29%	0,00%	-7,24%
3	Ibagué	1,03180262608144	3,18%	-16,73%	3,18%

La ciudad con el mayor incremento del índice de eficiencia es Manizales (+0,1818), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión del input “tiempo requerido para el registro de propiedades”.

Las tablas 7.21 – 7.22 presentan el peso, peso ponderado y exceso para el input “X2=Tiempo” en la DMU Manizales (0.091, 1.0, 0.0). Lo anterior evidencia la trascendencia de este input para la clasificación de las ciudades respecto de la variable “Registro de propiedades 2013”. Al verificar el input de otras DMU supereficientes, se evidencia que presenta exceso o un peso menor con respecto a Manizales.

El modelo de supereficiencia radial DEA Super CCR– I logra la discriminación de las 23 ciudades con respecto a la variable “Registro de propiedades”. Se considera importante revisar los resultados de un modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM–I–C.

### 3.2.3.3.3 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM – I – C

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 86.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C

Registro de propiedades 2010			Registro de propiedades 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Manizales	1,08333333333333	1	Manizales	1,06162101793256
2	Ibagué	1,05359720430259	2	Bogotá	1,04761904761905
3	Bogotá	1,04761904761905	3	Ibagué	1,01372533583101
4	Sincelejo	0,895429321557662	4	Valledupar	0,94770607242522
5	Valledupar	0,875116554632274	5	Tunja	0,808859397593225
6	Tunja	0,84412568830267	6	Riohacha	0,793903039411493
7	Pereira	0,83106674159862	7	Sincelejo	0,762698907218746
8	Riohacha	0,808778921284758	8	Santa Marta	0,743528023964154
9	Dosquebradas	0,80026730212605	9	Medellín	0,743307513773647
10	Santa Marta	0,773094528057495	10	Pasto	0,723797887668511
11	Medellín	0,765263097772452	11	Dosquebradas	0,722765002524827
12	Armenia	0,760586804305248	12	Pereira	0,722535097513157
13	Cali	0,738182089295237	13	Armenia	0,714751597198773
14	Popayán	0,727045216758208	14	Popayán	0,708385138825599
15	Neiva	0,721979374923187	15	Montería	0,695287565832932
16	Montería	0,719810540623119	16	Villavicencio	0,694578271365474
17	Palmira	0,703125986870376	17	Cúcuta	0,683440601031856
18	Bucaramanga	0,701106125785558	18	Palmira	0,677543517394649
19	Pasto	0,698866326600965	19	Neiva	0,671413192911335
20	Cúcuta	0,69310852919739	20	Bucaramanga	0,661868181849925
21	Villavicencio	0,662326903240849	21	Cali	0,637056531740453
22	Barranquilla	0,640141267439535	22	Barranquilla	0,620588545912246
23	Cartagena	0,599963002135849	23	Cartagena	0,595967424101165

Fuente: Ejecución *Software* DEA – Solver V 7.0™

El modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM – I – C, discrimina las 23 ciudades Colombianas en los dos años estudiados, con respecto a la variable “**Registro de propiedades**”.

En el capítulo 4, numeral 4.2.1.3, tabla108, se explica la clasificación de ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C, variable “**Registro de propiedades**”.

### 3.2.3.3.4 Comparación de las clasificaciones con el modelo DEA Super SBM–I–C y la metodología Doing Business

**Respecto de la clasificación 2010**

Al comparar los rankings 2010 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM-I-C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 87.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Registro de propiedades 2010 (DEA Super SBM-I-C )		Registro de propiedades 2010 (Doing Business)	
Rank	DMU	Rank	DMU
1	Manizales	1	Ibagué
2	Ibagué	2	Manizales
3	Bogotá	3	Tunja
4	Sincelejo	4	Sincelejo
5	Valledupar	5	Valledupar
6	Tunja	6	Pereira
7	Pereira	7	Bogotá
8	Riohacha	8	Riohacha
9	Dosquebradas	9	Dosquebradas
10	Santa Marta	10	Santa Marta
11	Medellín	11	Armenia
12	Armenia	12	Medellín
13	Cali	12	Neiva
14	Popayán	14	Cali
15	Neiva	15	Pasto
16	Montería	16	Popayán
17	Palmira	17	Montería
18	Bucaramanga	18	Villavicencio
19	Pasto	19	Palmira
20	Cúcuta	20	Barranquilla
21	Villavicencio	20	Bucaramanga
22	Barranquilla	22	Cúcuta
23	Cartagena	23	Cartagena

Fuente: Elaboración propia

En 2010, Manizales es la ciudad con mayor eficiencia según el modelo DEA Super SBM – I – C; mientras que en la metodología Doing Business se sitúa en la posición 2. Para Doing Business, el primer puesto lo ocupa Ibagué, mientras con DEA se sitúa en la posición 2. Dentro de las primeras 6 ciudades -en ambas metodologías-, se encuentran: Manizales, Ibagué, Sincelejo, Valledupar y Tunja. Coinciden en la clasificación –en posiciones secundarias- Riohacha (8), Dosquebradas (9), Santa Marta (10), Cartagena (23).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades como Bogotá, siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

### **Respecto de la clasificación 2013**

Al comparar los rankings 2013 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM-I-C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 88.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Registro de propiedades 2013				
DEA Super SBM-I-C		Var	Doing Business	
Rank	Ciudad		Rank	Ciudad
1	Manizales	+1	1	Ibagué
2	Bogotá	+2	2	Manizales
3	Ibagué	-2	3	Valledupar
4	Valledupar	-1	4	Bogotá
5	Tunja	0	5	Tunja
6	Riohacha	0	6	Riohacha
7	Sincelejo	0	7	Sincelejo
8	Santa Marta	+1	8	Medellín
9	Medellín	-1	9	Santa Marta
10	Pasto	0	10	Pasto
11	Dosquebradas	0	11	Dosquebradas
12	Pereira	+1	12	Neiva
13	Armenia	+1	13	Pereira
14	Popayán	+1	14	Armenia
15	Montería	+2	15	Popayán
16	Villavicencio	0	16	Villavicencio
17	Cúcuta	+1	17	Montería
18	Palmira	+1	18	Cúcuta
19	Neiva	-7	19	Barranquilla
20	Bucaramanga	+1	19	Palmira
21	Cali	+1	21	Bucaramanga
22	Barranquilla	-3	22	Cali
23	Cartagena	0	23	Cartagena

Var- variación de la clasificación DEA respecto a Doing Business

Fuente: Elaboración propia

En 2013, Manizales es la ciudad con mayor eficiencia según el modelo DEA Super SBM – I – C; mientras que en la metodología Doing Business se sitúa en la posición 2. Para Doing Business, el primer puesto lo ocupa Dosquebradas, mientras con DEA se sitúa en la posición 3. Dentro de las primeras 6 ciudades -en ambas metodologías-, se encuentran: Manizales, Bogotá, Ibagué, Valledupar, Tunja y Riohacha. Coinciden en la clasificación – en posiciones secundarias- Pasto (10), Dosquebradas (11), Villavicencio (16), Cartagena (23).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades como Neiva, siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

#### 3.2.3.4 Clasificación con respecto a la variable “pago de impuestos”

Los datos utilizados para establecer la clasificación de las ciudades con respecto a la variable “Pago de impuestos”, corresponden a los reportes Doing Business para los años

2010 y 2013 (véase tabla 89). Los inputs corresponden a los criterios asociados a la variable; mientras como output se utiliza un valor estándar de 100 para todas las ciudades.

**Tabla 89.** Estructura de Input y Output para la clasificación de ciudades 2010 / 2013, variable pago de impuestos, según metodología DEA

DMU	Datos año 2010			Datos año 2013		
	(I)PAGOS	(I)TASA TOTAL	(O)	(I)PAGOS	(I)TASA TOTAL	(O)
Armenia	28	67,22	100	22	66,53	100
Barranquilla	22	72,21	100	16	72,00	100
Bogotá	21	76,72	100	10	76,15	100
Bucaramanga	16	70,95	100	10	70,30	100
Cali	28	71,89	100	22	71,89	100
Cartagena	22	72,51	100	16	71,88	100
Cúcuta	22	70,49	100	16	69,81	100
Ibagué	16	67,94	100	10	67,02	100
Manizales	27	69,56	100	10	68,89	100
Medellín	28	72,78	100	10	72,15	100
Montería	16	69,56	100	10	68,90	100
Neiva	22	69,67	100	16	67,89	100
Pasto	28	70,65	100	22	70,00	100
Pereira	30	66,72	100	21	66,64	100
Popayán	16	70,78	100	10	70,13	100
Riohacha	21	71,09	100	15	70,56	100
Santa Marta	22	72,76	100	16	72,14	100
Sincelejo	16	67,17	100	10	72,20	100
Tunja	16	72,96	100	10	72,34	100
Valledupar	16	72,59	100	10	71,96	100
Villavicencio	16	69,78	100	10	68,99	100
Dosquebradas	16	68,12	100	10	67,42	100
Palmira	33	71,29	100	22	71,57	100

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3.4.1 Clasificación utilizando el modelo DEA – CCR input orientado

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 90.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA CCR – I

Pago de impuestos 2010			Pago de impuestos 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Dosquebradas	1
1	Villavicencio	1	1	Armenia	1
1	Valledupar	1	1	Villavicencio	1
1	Tunja	1	1	Bogotá	1
1	Bucaramanga	1	1	Bucaramanga	1
1	Sincelejo	1	1	Valledupar	1
1	Popayán	1	1	Tunja	1
1	Pereira	1	1	Sincelejo	1
1	Ibagué	1	1	Ibagué	1
1	Montería	1	1	Manizales	1
11	Armenia	0,993638216223788	1	Medellín	1
12	Neiva	0,961760047542791	1	Montería	1
13	Manizales	0,961057234454201	1	Popayán	1

14	Cúcuta	0,950724011627478	14	Pereira	0,998987466023379
15	Pasto	0,94600864006162	15	Neiva	0,983758219602721
16	Riohacha	0,94324840582996	16	Cúcuta	0,956902404104037
17	Palmira	0,935901420821173	17	Pasto	0,950996169237636
18	Cali	0,929863537946784	18	Riohacha	0,947370081292402
19	Barranquilla	0,92823130195287	19	Palmira	0,930404515285687
20	Cartagena	0,924461231657645	20	Cartagena	0,929542425099334
21	Santa Marta	0,921296180836131	21	Barranquilla	0,92802387424872
22	Medellín	0,918677447555869	22	Santa Marta	0,926311457484774
23	Bogotá	0,874622103957831	23	Cali	0,926278663086357

Fuente: Ejecución *Software* DEA – *Solver* V 7.0™

### ***Respecto de la clasificación 2010***

Las ciudades de Bucaramanga, Ibagué, Montería, Pereira, Popayán, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio y Dosquebradas se consideran eficientes (43.48%, con score = 1); las restantes 13 se consideran ineficientes (56.52%, con score < 1).

A partir de la información de las tablas 6.13 - 6.14, al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V1(X1)$ ,  $V2(X2)$ ,  $V3(X3)$ ) se establece que para las diez ciudades ( $V3=0$  y/o  $V2=0$ ); por lo tanto son CCR ineficientes. Pereira tiene una entrada  $X1=30$ ; mientras Bucaramanga tiene una entrada  $X1=16$ ; es decir, Pereira usa un exceso de 14 unidades en la entrada  $X1$ , con respecto a Bucaramanga (ambas son eficientes).

En el caso de las ciudades ineficientes, los pesos óptimos sugieren que la reducción de una u otra entrada tendrá un mayor efecto en la eficiencia de la DMU (en el caso de Armenia  $V2/V1 = 31.23$ , indica que una reducción en la entrada  $X2$ , tendrá un efecto mucho más significativo que una contracción de la entrada  $X1$ ).

A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. Como ejemplo se considera a Armenia, la cual podría hacerse eficiente tomando como referencia a Pereira (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Bogotá debe reducir sus entradas en aproximadamente un 12.53%. Es decir, llevar la entrada  $X2$  de 76.72 a 67.1, y aún puede observarse un exceso para  $X2$  con respecto de Pereira (ciudad de referencia con  $X2=66.72$ ) de 0.38.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Armenia presenta un peso ponderado para  $X2$  de 98.68%, cuando los inputs considerados son  $X1$ ,  $X2$ ).



### ***Respecto de la clasificación 2013***

Ahora trece ciudades son eficientes. El 56.52% se sitúan en la frontera de eficiencia (Armenia, Bogotá, Bucaramanga, Ibagué, Manizales, Medellín, Montería, Popayán, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio y Dosquebradas con score = 1); las restantes 10 se consideran ineficientes (43.48%, con score < 1). Con respecto a 2010 Pereira deja de ser eficiente; Armenia, Bogotá, Manizales y Medellín ahora son eficientes.

A partir de la información de las tablas 6.23 - 6.24 al analizar las ciudades eficientes, y específicamente a partir del peso de los inputs ( $V1(X1)$ ,  $V2(X2)$ ,  $V3(X3)$ ) se establece que todas ciudades ( $V3=0$  y/o  $V2=0$ ), por lo tanto son CCR ineficientes. Armenia tiene una entrada  $X1=22$ ; mientras Bogotá tiene una entrada  $X1=10$ ; es decir, Armenia usa un exceso de 12 unidades en la entrada  $X1$ , con respecto a Bogotá.

En el caso de las ciudades ineficientes, los pesos óptimos sugieren que la reducción de una u otra entrada tendrá un mayor efecto en la eficiencia de la DMU (en el caso de Barranquilla  $V2/V1 = 24.57$ , indica que una reducción en la entrada  $X2$ , tendrá un efecto mucho más significativo que una contracción de la entrada  $X1$ ).

A partir del conjunto de ciudades referencia, puede definirse una “ciudad virtual eficiente” para evaluar a otra ineficiente. De manera especial Armenia e Ibagué son referente para todas las ciudades; es decir, estas podrían hacerse eficientes tomando como referencia a Armenia o Ibagué (nivel de sus inputs).

Para llevar una ciudad ineficiente a un status de eficiencia, es necesario remover las ineficiencias de todas las entradas, reduciendo apropiadamente los valores inicialmente observados hasta su score (solo en el caso de DMU técnica ineficientes). Por ejemplo Barranquilla debe reducir sus entradas en aproximadamente un 7.2%. Es decir, llevar la entrada  $X2$  de 72 a 66.82, y aún puede observarse un exceso para  $X2$  con respecto de Armenia (ciudad de referencia con  $X2=66.53$ ) de 0.29.

Los pesos ponderados de los inputs (Input \* Peso Input) pueden apoyar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad, estos corresponden a la mejor ponderación para las entradas de una DMU eficiente. Al momento de reducir una u otra entrada puede anticiparse su impacto en la clasificación de una ciudad (Cali presenta un peso ponderado para  $X2$  de 98.76%, cuando los inputs considerados son  $X1$ ,  $X2$ ).

**Observación:** Aunque se dispone de información importante para la toma de decisiones, el modelo DEA – CCR *input* orientado no logra la discriminación de las 23 ciudades con respecto a la variable “**Pago de impuestos**” (objetivo central del proyecto). Se propone entonces, la utilización de un modelo con mayor fuerza para la discriminación de las DMU eficientes (score = 1). Se utilizará una evolución del CCR-I, denominado modelo de supereficiencia DEA Super CCR-I.

#### ***3.2.3.4.2 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia DEA Super CCR\_I***

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – Solver V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 91.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super CCR-I

Pago de impuestos 2010			Pago de impuestos 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Sincelejo	1,01114933193363	1	Ibagué	1,00598171502563
2	Pereira	1,00672791177049	2	Armenia	1,00164236698612
3	Dosquebradas	1	3	Dosquebradas	1
3	Villavicencio	1	3	Bogotá	1
3	Bucaramanga	1	3	Bucaramanga	1
3	Valledupar	1	3	Villavicencio	1
3	Tunja	1	3	Valledupar	1
3	Popayán	1	3	Tunja	1
3	Ibagué	1	3	Sincelejo	1
3	Montería	1	3	Manizales	1
11	Armenia	0,993638216223788	3	Medellín	1
12	Neiva	0,961760047542791	3	Montería	1
13	Manizales	0,9610572344542	3	Popayán	1
14	Cúcuta	0,950724011627478	14	Pereira	0,998987466023379
15	Pasto	0,94600864006162	15	Neiva	0,983758219602721
16	Riohacha	0,94324840582996	16	Cúcuta	0,956902404104037
17	Palmira	0,935901420821173	17	Pasto	0,950996169237636
18	Cali	0,929863537946783	18	Riohacha	0,947370081292402
19	Barranquilla	0,92823130195287	19	Palmira	0,930404515285687
20	Cartagena	0,924461231657645	20	Cartagena	0,929542425099334
21	Santa Marta	0,921296180836131	21	Barranquilla	0,92802387424872
22	Medellín	0,918677447555869	22	Santa Marta	0,926311457484774
23	Bogotá	0,874622103957831	23	Cali	0,926278663086356

Fuente: Ejecución *Software DEA – Solver V 7.0™*

### **Respecto de la clasificación 2010**

El modelo DEA Super CCR-I discrimina 2 de las 10 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score = 1). Ahora Sincelejo y Pereira presentan índices de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 92.** Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Sincelejo	1,01114933193363
1	Villavicencio	1	2	Pereira	1,00672791177049
1	Valledupar	1	3	Dosquebradas	1
1	Tunja	1	3	Villavicencio	1
1	Bucaramanga	1	3	Bucaramanga	1
1	Sincelejo	1	3	Valledupar	1
1	Popayán	1	3	Tunja	1
1	Pereira	1	3	Popayán	1
1	Ibagué	1	3	Ibagué	1
1	Montería	1	3	Montería	1

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 93.** Proyección de inputs para ciudades supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Pagos	Tasa total	
1	Sincelejo	1,01114933193363	1,11%	1,11%	
2	Pereira	1,00672791177049	-46,67%	0,67%	

La ciudad con el mayor incremento del índice de eficiencia es Sincelejo (+0,0111), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión de los input “pagos y tasa total requerida para el pago de impuestos”.

Las tablas 7.25 – 7.26 presentan el peso, peso ponderado y exceso para los input “X1=Pagos, X2=Tasa total” en la DMU Sincelejo (0.001, 0.020, 0), (0.015, 0.980, 0). Lo anterior evidencia la trascendencia de estos input para la clasificación de las ciudades respecto de la variable “Pago de impuestos 2010”. Al verificar los inputs de otras DMU supereficientes, se evidencia que presentan excesos o pesos menores con respecto a Sincelejo.

#### **Respecto de la clasificación 2013**

El modelo DEA Super CCR-I discrimina de 2 de las 13 ciudades eficientes según el modelo DEA CCR-I (score = 1). Ahora Ibagué y Armenia presentan índices de supereficiencia (score > 1), tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 94.** Ranking de ciudades CCR-I / Super CCR-I

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Ibagué	1,00598171502563
1	Armenia	1	2	Armenia	1,00164236698612
1	Villavicencio	1	3	Dosquebradas	1
1	Bogotá	1	3	Bogotá	1
1	Bucaramanga	1	3	Bucaramanga	1
1	Valledupar	1	3	Villavicencio	1
1	Tunja	1	3	Valledupar	1
1	Sincelejo	1	3	Tunja	1
1	Ibagué	1	3	Sincelejo	1
1	Manizales	1	3	Manizales	1
1	Medellín	1	3	Medellín	1
1	Montería	1	3	Montería	1
1	Popayán	1	3	Popayán	1

Al revisar la proyección de supereficiencia estimada por el modelo DEA Super CCR-I, se observan cambios en los inputs de las DMU, tal como se presenta a continuación.

**Tabla 95.** Proyección de inputs para ciudades supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Pagos	Tasa total	
1	Ibagué	1,00598171502563	0,60%	0,60%	
2	Armenia	1,00164236698612	-4,55%	0,16%	

La ciudad con el mayor incremento del índice de eficiencia es Ibagué (+0,60), el cual puede explicarse fundamentalmente a partir de la expansión de los input “pagos y tasa total requerida para el pago de impuestos”.

Las tablas 7.29 – 7.30 presentan el peso, peso ponderado y exceso para los input “X1=Pagos, X2=Tasa total” en la DMU Ibagué (0.001, 0.011, 0), (0.015, 0.989, 0). Lo anterior evidencia la trascendencia de estos input para la clasificación de las ciudades respecto de la variable “Pago de impuestos 2013”. Al verificar los inputs de otras DMU supereficientes, se evidencia que presentan excesos o pesos menores con respecto a Ibagué.

El modelo de supereficiencia radial DEA Super CCR– I no logra la discriminación de las 23 ciudades con respecto a la variable “Pago de impuestos”. Se propone entonces, la utilización de un modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM–I–C.

### 3.2.3.4.3 Clasificación utilizando el modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM–I–C

Los resultados obtenidos se calcularon a partir de la utilización del *Software* DEA – *Solver* V 7.0™ y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 96.** Clasificación de las ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C

Pago de impuestos 2010			Pago de impuestos 2013		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Sincelejo	1,00568974258361	1	Ibagué	1,00302419411345
2	Pereira	1,00372797510607	2	Armenia	1,00082118349306
3	Ibagué	0,994374275267554	3	Dosquebradas	0,996993987417662
4	Dosquebradas	0,993052104097937	4	Manizales	0,98644765889468
5	Montería	0,982852823078934	5	Montería	0,986370810732445
6	Villavicencio	0,981296156143799	6	Villavicencio	0,985695949772386
7	Popayán	0,974500649457861	7	Popayán	0,977813998236463
8	Bucaramanga	0,973389180265916	8	Bucaramanga	0,976643231842824
9	Valledupar	0,962669086313075	9	Valledupar	0,965655571270682
10	Tunja	0,960362253695465	10	Medellín	0,964431057211952
11	Riohacha	0,853435494673572	11	Sincelejo	0,964124792760716
12	Neiva	0,845703493972585	12	Tunja	0,963221275359483
13	Cúcuta	0,840116494748411	13	Pereira	0,960235255034988
14	Barranquilla	0,828733566114931	14	Bogotá	0,9400302207865
15	Cartagena	0,826826166734511	15	Riohacha	0,808239308391645
16	Santa Marta	0,825224982957286	16	Neiva	0,806109128397469
17	Bogotá	0,818758121218508	17	Cúcuta	0,792507612911306
18	Armenia	0,785352960516151	18	Cartagena	0,778658117767282
19	Manizales	0,779117820034578	19	Barranquilla	0,777889651841029
20	Pasto	0,76109866486725	20	Santa Marta	0,777023107085722
21	Cali	0,752884174781923	21	Pasto	0,705963079133956
22	Medellín	0,74719487630674	22	Palmira	0,695467756477741
23	Palmira	0,713523283927409	23	Cali	0,693365561044315

Fuente: Ejecución *Software* DEA – *Solver* V 7.0™

El modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM–I–C, discrimina las 23 ciudades Colombianas en los dos años estudiados, con respecto a la variable “**Pago de impuestos**”.

En el capítulo 4, numeral 4.2.1.4, tabla 109, se explica la clasificación de ciudades según el modelo DEA Super SBM-I-C, variable “**Pago de impuestos**”.

#### 3.2.3.4.4 Comparación de la clasificación de las ciudades a partir del modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business

##### *Respecto de la clasificación 2010*

Al comparar los rankings 2010 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM–I–C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 97.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Pago de impuestos 2010 (DEA Super SBM-I-C )		Pago de impuestos 2010 (Doing Business)	
Rank	DMU	Rank	DMU
1	Sincelejo	1	Sincelejo
2	Pereira	2	Ibagué
3	Ibagué	3	Dosquebradas
4	Dosquebradas	4	Montería
5	Montería	5	Villavicencio
6	Villavicencio	6	Popayán
7	Popayán	7	Bucaramanga
8	Bucaramanga	8	Neiva
9	Valledupar	9	Valledupar
10	Tunja	10	Armenia
11	Riohacha	11	Cúcuta
12	Neiva	12	Pereira
13	Cúcuta	12	Tunja
14	Barranquilla	14	Riohacha
15	Cartagena	15	Manizales
16	Santa Marta	16	Pasto
17	Bogotá	17	Barranquilla
18	Armenia	18	Cartagena
19	Manizales	19	Santa Marta
20	Pasto	20	Bogotá
21	Cali	20	Cali
22	Medellín	22	Palmira
23	Palmira	23	Medellín

Fuente: Elaboración propia

En 2010, Sincelejo es la ciudad con mayor eficiencia según el modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business. Dentro de las primeras 6 ciudades -en ambas metodologías-, se encuentran: Sincelejo, Ibagué Dosquebradas, Montería y Villavicencio. Coinciden en la clasificación –en posiciones secundarias- Valledupar (9), Cali (21).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades como Pereira, siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

### ***Respecto de la clasificación 2013***

Al comparar los rankings 2013 obtenidos a partir del modelo DEA Super SBM-I-C y la metodología Doing Business, se observa lo siguiente:

**Tabla 98.** Comparativo clasificación de ciudades según metodologías DEA Super SBM-I-C / Doing Business

Pago de impuestos 2013				
DEA Super SBM-I-C		Var	Doing Business	
Rank	Ciudad		Rank	Ciudad
1	Ibagué	0	1	Ibagué
2	Armenia	+8	2	Dosquebradas
3	Dosquebradas	-1	3	Manizales
4	Manizales	-1	4	Montería
5	Montería	-1	5	Villavicencio
6	Villavicencio	-1	6	Popayán
7	Popayán	-1	7	Bucaramanga
8	Bucaramanga	-1	8	Valledupar
9	Valledupar	-1	9	Neiva
10	Medellín	0	10	Armenia
11	Sincelejo	+2	10	Medellín
12	Tunja	+3	10	Pereira
13	Pereira	-3	13	Sincelejo
14	Bogotá	+2	14	Cúcuta
15	Riohacha	+2	15	Tunja
16	Neiva	-7	16	Bogotá
17	Cúcuta	-3	17	Riohacha
18	Cartagena	0	18	Cartagena
19	Barranquilla	+1	19	Pasto
20	Santa Marta	+1	20	Barranquilla
21	Pasto	-2	21	Santa Marta
22	Palmira	0	22	Palmira
23	Cali	0	23	Cali

Var- variación de la clasificación DEA respecto a Doing Business

Fuente: Elaboración propia

En 2013, Ibagué es la ciudad con mayor eficiencia según el modelo DEA Super SBM – I – C y la metodología Doing Business. Dentro de las primeras 6 ciudades -en ambas metodologías-, se encuentran: Ibagué Dosquebradas, Manizales, Montería y Villavicencio. Coinciden en la clasificación –en posiciones secundarias- Cartagena (18), Palmira (22), Cali (23).

Al revisar los pesos asignados por el modelo DEA Super SBM-I-C a las once variables (inputs), se puede establecer que estos determinan finalmente la clasificación de ciudades

como Armenia, Tunja, Pereira, Neiva siendo la explicación de su marcada diferencia con la clasificación Doing Business.

Cabe aclarar que el análisis envolvente de datos DEA calcula la eficiencia relativa entre las 23 ciudades colombianas declarando a varias de ellas como eficientes (*score* = 1), sin embargo, esto no quiere decir que estas ciudades sean eficientes al compararlas con otras ciudades a nivel mundial, pues podrían volverse ineficientes si existieran ciudades con menores *inputs* que las ciudades colombianas analizadas.

### 3.3 Fase 3: Evolución de la Facilidad que ofrecen las principales Ciudades Colombianas para hacer negocios en los periodos 2010 y 2013, según El Índice de Malmquist

Para el análisis de la evolución del indicador de la facilidad para hacer negocios en las 23 ciudades colombianas (analizadas por *Doing Business*), durante los periodos 2010 y 2013, se propone una metodología DEA, el índice de productividad de Malmquist (IPM).

El índice de Malmquist utilizado corresponde a un modelo Malmquist-R-I-C (radial con orientación a las entradas y retornos constantes a escala). En primera instancia se aplica de manera individual a cada una de las cuatro variables definidas por la metodología *Doing Business*: apertura de un negocio, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos. En segunda instancia, el análisis se realiza considerando la totalidad de los criterios considerados por las cuatro (4) variables (la estructura de variables y criterios utilizada por la metodología *Doing Business* se puede observar en la tabla 7).

El índice de productividad de Malmquist (IPM) representa el crecimiento de la productividad total de los factores (TFP) de una unidad de decisión (DMU), reflejando el progreso en eficiencia en consonancia con el progreso de la frontera en el tiempo. [30]

#### 3.3.1 Evolución de la productividad durante los años 2010 – 2013, según la variable “Apertura de un negocio”

A partir de la información plasmada en la tabla 59, la cual contiene los criterios considerados por la metodología *Doing Business* para la variable apertura de un negocio, se estima el índice de productividad de Malmquist (IPM), a partir del modelo DEA Malmquist Radial I-C. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Tabla 99.** IPM de las ciudades colombianas según la variable apertura de un negocio

DMU	Catch-up	Frontier	Malmquist
Armenia	1	1.28291319	1.28291319
Barranquilla	0.99259396	1.2804183	1.27093548
Bogotá	0.97647571	1.29505082	1.26458567
Bucaramanga	1.125	0.98793407	1.11142583
Cali	1.09073111	1.34514619	1.46719279
Cartagena	1.375	1.20653875	1.65899077
Cúcuta	0.91683968	1.34493283	1.23308779
Ibagué	0.99704408	1.35580716	1.35179951
Manizales	0.9	1.34396299	1.20956669
Medellín	0.998842	1.21018405	1.20878266
Montería	0.86157111	1.61558317	1.39193978
Neiva	1	0.86203406	0.86203406
Pasto	0.87087043	1.50074965	1.3069585
Pereira	1	1.2044957	1.2044957
Popayán	0.99665791	1.44762985	1.44279173
Riohacha	1.00385252	1.45378665	1.45938739
Santa Marta	1.00352479	1.27611105	1.28060907
Sincelejo	0.99423054	1.4756475	1.46713381
Tunja	1.01421291	1.6657987	1.68947455



Valledupar	0.9900421	1.58232703	1.56657038
Villavicencio	0.91752209	1.18858053	1.09054889
Dosquebradas	0.9997413	1.43984621	1.43947372
Palmira	0.93824323	1.2973401	1.21722057
<b>Average</b>	0.99839111	1.33316602	1.32512689
<b>Max</b>	1.375	1.6657987	1.68947455
<b>Min</b>	0.86157111	0.86203406	0.86203406
<b>SD</b>	0.10197661	0.18609421	0.18833991

Fuente: Ejecución *Software* DEA – *Solver* V 7.0

El progreso en eficiencia (“Convergencia a la Frontera” o *Catch-Up*), se relaciona con el grado en que una DMU mejora su eficiencia relativo a sus comparadores (tránsito hacia la frontera, si la unidad no estaba entre las inicialmente eficientes), siendo el caso de Bucaramanga, Cali, Cartagena, Riohacha, Santa Marta y Tunja; las cuales en el año 2013, evidencian mejora en su eficiencia con respecto a las ciudades inicialmente ubicadas en la frontera (Armenia, Neiva y Pereira).

El movimiento de la frontera (“Innovación”, “cambio técnico” o *Frontier-Shift*), refleja los movimientos hacia mayor productividad de las DMU inicialmente eficientes, entre dos períodos de tiempo (las unidades inicialmente eficientes, incrementan su productividad en el tiempo, batiendo sus propias marcas), siendo el caso de Armenia y Pereira.

En el periodo 2010 – 2013 las ciudades presentan incremento de productividad (IPM) promedio del 32.5%; debido tanto, a una mejora de su eficiencia técnica (catch-up) en el caso de Bucaramanga, Cali, Cartagena, Riohacha, Santa Marta y Tunja; como al progreso técnico (frontier shift) de Armenia y Pereira.

El índice de productividad de Malmquist (IPM) muestra en el periodo 2010 – 2013, un incremento de productividad en todas las ciudades, con excepción de Neiva (0.86203406). Las ciudades que incrementan el IPM, corresponden a aquellas que logran mantener y/o incrementar tanto, su eficiencia como progreso técnico (Tunja, Cartagena, Valledupar, Cali, Sincelejo, Riohacha, Popayán, Dosquebradas, entre otras).

### 3.3.2 Evolución de la productividad durante los años 2010 – 2013, según la variable “Obtención de permisos de construcción”

A partir de la información plasmada en la tabla 69, la cual contiene los criterios considerados por la metodología Doing Business para la variable obtención de permisos de construcción, se estima el índice de productividad de Malmquist (IPM), a partir del modelo DEA Malmquist Radial I-C. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Tabla 100.** IPM de las ciudades colombianas según la variable obtención de permisos de construcción

DMU	Catch-up	Frontier	Malmquist
Armenia	1	1.0726336	1.0726336
Barranquilla	0.88888889	1.125	1
Bogotá	1	1.125	1.125
Bucaramanga	1.03953889	1.12645183	1.17099048

Cali	1.04788085	1.13164214	1.18582613
Cartagena	1.11111111	1.125	1.25
Cúcuta	0.94844986	1.14801568	1.0888353
Ibagué	0.99642307	1.10453327	1.10058243
Manizales	1	1.26326931	1.26326931
Medellín	1	1.125	1.125
Montería	1.03756752	1.13544429	1.17810012
Neiva	0.94999144	1.05155402	0.99896732
Pasto	0.95703528	1.13964917	1.09068446
Pereira	1	1.12602975	1.12602975
Popayán	0.91087591	1.17380432	1.06919008
Riohacha	0.96541156	1.11363846	1.07511944
Santa Marta	1	1.125	1.125
Sincelejo	0.76975391	1.1152353	0.85845674
Tunja	1.00912293	1.11236161	1.1225096
Valledupar	0.98765432	1.125	1.11111111
Villavicencio	0.96136874	1.1453654	1.1011185
Dosquebradas	1	1.14742408	1.14742408
Palmira	1.08485133	1.14883808	1.24631852
<b>Average</b>	0.98547503	1.13069088	1.11444204
<b>Max</b>	1.11111111	1.26326931	1.26326931
<b>Min</b>	0.76975391	1.05155402	0.85845674
<b>SD</b>	0.06849143	0.03818705	0.08810813

Fuente: Ejecución *Software* DEA – *Solver* V 7.0

El progreso en eficiencia (“Convergencia a la Frontera” o *Catch-Up*), se relaciona con el grado en que una DMU mejora su eficiencia relativo a sus comparadores (tránsito hacia la frontera, si la unidad no estaba entre las inicialmente eficientes), siendo el caso de Bucaramanga, Cali, Cartagena, Montería, Tunja y Palmira; las cuales en el año 2013, evidencian mejora en su eficiencia con respecto a las ciudades inicialmente ubicadas en la frontera (Armenia, Bogotá, Manizales, Medellín, Pereira, Santa Marta y Dosquebradas).

El movimiento de la frontera (“Innovación”, “cambio técnico” o *Frontier-Shift*), refleja los movimientos hacia mayor productividad de las DMU inicialmente eficientes, entre dos períodos de tiempo (las unidades inicialmente eficientes, incrementan su productividad en el tiempo, batiendo sus propias marcas), siendo el caso de Armenia, Bogotá, Manizales, Medellín, Pereira, Santa Marta y Dosquebradas.

En el periodo 2010 – 2013 las ciudades presentan incremento de productividad (IPM) promedio del 11.44%; debido tanto, a una mejora de su eficiencia técnica (catch-up) en el caso de Bucaramanga, Cali, Cartagena, Montería, Tunja y Palmira; como al progreso técnico (frontier shift) de Armenia, Bogotá, Manizales, Medellín, Pereira, Santa Marta y Dosquebradas.

El índice de productividad de Malmquist (IPM) muestra en el periodo 2010 – 2013, que todas las ciudades mantienen o incrementan la productividad, con excepción de Neiva

(0.99896732) y Sincelejo (0.85845674). Las ciudades que incrementan el IPM, corresponden a aquellas que logran mantener y/o incrementar tanto, su eficiencia como progreso técnico (Manizales, Cartagena, Palmira, Cali, Montería, Bucaramanga, entre otras).

### 3.3.3 Evolución de la productividad durante los años 2010 – 2013, según la variable “Registro de propiedades”

A partir de la información plasmada en la tabla 79, la cual contiene los criterios considerados por la metodología Doing Business para la variable registro de propiedades, se estima el índice de productividad de Malmquist (IPM), a partir del modelo DEA Malmquist Radial I-C. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Tabla 101.** IPM de las ciudades colombianas según la variable registro de propiedades

DMU	Catch-up	Frontier	Malmquist
Armenia	0.93786969	1.06964556	1.00318815
Barranquilla	0.98238482	1.09152673	1.0722993
Bogotá	1	1.04880885	1.04880885
Bucaramanga	0.99032986	1.02516182	1.01524837
Cali	0.9820371	1.02516182	1.00674695
Cartagena	0.99556888	1.02516182	1.0206192
Cúcuta	1.00230357	1.02516182	1.02752336
Ibagué	1	1.01907143	1.01907143
Manizales	1	1.07971247	1.07971247
Medellín	1.01519718	1.02368163	1.03923871
Montería	0.9863844	1.02516182	1.01120363
Neiva	0.92260209	1.08389089	1
Pasto	1.00462619	1.02516182	1.02990442
Pereira	0.78600577	1.02522885	0.80583579
Popayán	0.98616151	1.02516182	1.01097513
Riohacha	0.99372282	1.02516182	1.0187267
Santa Marta	0.95153559	1.06728465	1.01555933
Sincelejo	0.97885398	1.0278478	1.00611291
Tunja	0.98980728	1.02516182	1.01471263
Valledupar	1.03571589	1.03334894	1.07025592
Villavicencio	1.05801681	1.02516182	1.08463844
Dosquebradas	0.78055805	1.02516628	0.8002018
Palmira	0.98229235	1.02516182	1.00700862
<b>Average</b>	0.97225973	1.03791279	1.00902574
<b>Max</b>	1.05801681	1.09152673	1.08463844
<b>Min</b>	0.78055805	1.01907143	0.8002018
<b>SD</b>	0.06584242	0.02287866	1.00318815

Fuente: Ejecución *Software* DEA – *Solver* V 7.0

El progreso en eficiencia (“Convergencia a la Frontera” o *Catch-Up*), se relaciona con el grado en que una DMU mejora su eficiencia relativo a sus comparadores (tránsito hacia la frontera, si la unidad no estaba entre las inicialmente eficientes), siendo el caso de Cúcuta, Medellín, Pasto, Valledupar y Villavicencio; las cuales en el año 2013, evidencian mejora en su eficiencia con respecto a las ciudades inicialmente ubicadas en la frontera (Bogotá, Ibagué y Manizales).

El movimiento de la frontera (“Innovación”, “cambio técnico” o *Frontier-Shift*), refleja los movimientos hacia mayor productividad de las DMU inicialmente eficientes, entre dos períodos de tiempo (las unidades inicialmente eficientes, incrementan su productividad en el tiempo, batiendo sus propias marcas), siendo el caso de Bogotá, Ibagué y Manizales.

En el periodo 2010 – 2013 las ciudades presentan incremento de productividad (IPM) promedio del 0.9%; debido tanto, a una mejora de su eficiencia técnica (catch-up) en el caso de Cúcuta, Medellín, Pasto, Valledupar y Villavicencio; como al progreso técnico (frontier shift) de Bogotá, Ibagué y Manizales.

El índice de productividad de Malmquist (IPM) muestra en el periodo 2010 – 2013, que todas las ciudades mantienen o incrementan la productividad, con excepción de Pereira (0.80583579) y Dosquebradas (0.8002018). Las ciudades que incrementan el IPM, corresponden a aquellas que logran mantener y/o incrementar tanto, su eficiencia como progreso técnico (Villavicencio, Manizales, Barranquilla, Valledupar, Bogotá, Medellín, entre otras).

### 3.3.4 Evolución de la productividad durante los años 2010 – 2013, según la variable “Pago de impuestos”

A partir de la información plasmada en la tabla 89, la cual contiene los criterios considerados por la metodología Doing Business para la variable pago de impuestos, se estima el índice de productividad de Malmquist (IPM), a partir del modelo DEA Malmquist Radial I-C. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Tabla 102.** IPM de las ciudades colombianas según la variable pago de impuestos

	Catch-up	Frontier	Malmquist
Armenia	1.00640252	1.00537731	1.01181425
Barranquilla	0.99977653	1.04143302	1.0412003
Bogotá	1.14335093	1.26885708	1.45074892
Bucaramanga	1	1.30349649	1.30349649
Cali	0.99614473	1.00570074	1.00182349
Cartagena	1.00549638	1.04057637	1.04629578
Cúcuta	1.00649862	1.02563094	1.03229613
Ibagué	1	1.27578972	1.27578972
Manizales	1.04052076	1.26801507	1.319396
Medellín	1.08852133	1.26808366	1.38033612
Montería	1	1.29077734	1.29077734
Neiva	1.02287283	1.01155064	1.03468766
Pasto	1.00527218	1.0056277	1.01092955
Pereira	0.99898747	1.00478397	1.00376659
Popayán	1	1.30198292	1.30198292
Riohacha	1.00436966	1.06450592	1.06915745
Santa Marta	1.00544372	1.04238482	1.04805927
Sincelejo	1	1.26866107	1.26866107
Tunja	1	1.32164413	1.32164413
Valledupar	1	1.31837458	1.31837458
Villavicencio	1	1.29284362	1.29284362
Dosquebradas	1	1.27748285	1.27748285
Palmira	0.99412662	1.00475024	0.99884896

<b>Average</b>	1.01381671	1.16123175	1.17827883
<b>Max</b>	1.14335093	1.32164413	1.45074892
<b>Min</b>	0.99412662	1.00475024	0.99884896
<b>SD</b>	0.0346412	0.13684754	0.15314133

Fuente: Ejecución *Software* DEA – *Solver* V 7.0

El progreso en eficiencia (“Convergencia a la Frontera” o *Catch-Up*), se relaciona con el grado en que una DMU mejora su eficiencia relativo a sus comparadores (tránsito hacia la frontera, si la unidad no estaba entre las inicialmente eficientes), siendo el caso de Armenia, Bogotá, Cartagena, Cúcuta, Manizales, Medellín, Neiva, Pasto, Riohacha y Santa Marta; las cuales en el año 2013, evidencian mejora en su eficiencia con respecto a las ciudades inicialmente ubicadas en la frontera (Bucaramanga, Ibagué, Montería, Popayán, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio y Dosquebradas).

El movimiento de la frontera (“Innovación”, “cambio técnico” o *Frontier-Shift*), refleja los movimientos hacia mayor productividad de las DMU inicialmente eficientes, entre dos períodos de tiempo (las unidades inicialmente eficientes, incrementan su productividad en el tiempo, batiendo sus propias marcas), siendo el caso de Bucaramanga, Ibagué, Montería, Popayán, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio y Dosquebradas.

En el periodo 2010 – 2013 las ciudades presentan incremento de productividad (IPM) promedio del 17.8%; debido tanto, a una mejora de su eficiencia técnica (catch-up) en el caso de Armenia, Bogotá, Cartagena, Cúcuta, Manizales, Medellín, Neiva, Pasto, Riohacha y Santa Marta; como al progreso técnico (frontier shift) de Bucaramanga, Ibagué, Montería, Popayán, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio y Dosquebradas.

El índice de productividad de Malmquist (IPM) muestra en el periodo 2010 – 2013, un incremento de productividad de todas las ciudades, con excepción de Palmira (0.99884896). Las ciudades que incrementan el IPM, corresponden a aquellas que logran mantener y/o incrementar tanto, su eficiencia como progreso técnico (Bogotá, Medellín, Tunja, Manizales, Valledupar, Bucaramanga, Popayán, entre otras).

### 3.3.5 Evolución global de la productividad de las 23 ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios

El modelo DEA, índice de productividad de Malmquist analiza la totalidad de los criterios considerados por las cuatro (4) variables propuestas por la metodología Doing Business (véase tablas 47 y 48), permitiendo establecer la evolución de las facilidades para hacer negocios, que ofrecen las principales ciudades colombianas.

**Tabla 103.** IPM de las ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios

<b>DMU</b>	<b>Catch-up</b>	<b>Frontier</b>	<b>Malmquist</b>
Armenia	1	1.28781064	1.28781064
Barranquilla	0.96188738	1.32388288	1.27342624
Bogotá	1	1.30226676	1.30226676
Bucaramanga	1	1.26491106	1.26491106

Cali	1.0411032	1.28987044	1.34288824
Cartagena	1.05072691	1.31313675	1.37974812
Cúcuta	0.98027313	1.28421658	1.258883
Ibagué	1	1.3521658	1.3521658
Manizales	1	1.28653504	1.28653504
Medellín	1	1.26047222	1.26047222
Montería	1	1.27470679	1.27470679
Neiva	1	0.98028631	0.98028631
Pasto	0.97967878	1.30991816	1.28329903
Pereira	1	1.18858895	1.18858895
Popayán	1	1.35508701	1.35508701
Riohacha	1	1.29321288	1.29321288
Santa Marta	1	1.27312773	1.27312773
Sincelejo	1	1.33308758	1.33308758
Tunja	1	1.34208867	1.34208867
Valledupar	1	1.38051345	1.38051345
Villavicencio	1	1.29242641	1.29242641
Dosquebradas	1	1.32047981	1.32047981
Palmira	0.99664435	1.25222176	1.24801974
<b>Average</b>	1.00044842	1.28526146	1.28582746
<b>Max</b>	1.05072691	1.38051345	1.38051345
<b>Min</b>	0.96188738	0.98028631	0.98028631
<b>SD</b>	0.0172205	0.0778188	0.08082084

Fuente: Ejecución *Software* DEA – *Solver* V 7.0

El progreso en eficiencia (“Convergencia a la Frontera” o *Catch-Up*), se relaciona con el grado en que una DMU mejora su eficiencia relativo a sus comparadores (tránsito hacia la frontera, si la unidad no estaba entre las inicialmente eficientes), siendo el caso de Cali y Cartagena; las cuales en el año 2013, evidencian mejora en su eficiencia con respecto a las ciudades inicialmente ubicadas en la frontera (Armenia, Bogotá, Bucaramanga, Ibagué, Manizales, Medellín, Montería, Pereira, Popayán, Riohacha, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio y Dosquebradas).

El movimiento de la frontera (“Innovación”, “cambio técnico” o *Frontier-Shift*), refleja los movimientos hacia mayor productividad de las DMU inicialmente eficientes, entre dos períodos de tiempo (las unidades inicialmente eficientes, incrementan su productividad en el tiempo, batiendo sus propias marcas), siendo el caso de Armenia, Bogotá, Bucaramanga, Ibagué, Manizales, Medellín, Montería, Pereira, Popayán, Riohacha, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio y Dosquebradas.

En el periodo 2010 – 2013 las ciudades presentan incremento de productividad (IPM) promedio del 28.58%; debido tanto, a una mejora de su eficiencia técnica (catch-up) en el caso de Cali y Cartagena; como al progreso técnico (frontier shift) de Armenia, Bogotá, Bucaramanga, Ibagué, Manizales, Medellín, Montería, Pereira, Popayán, Riohacha, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio y Dosquebradas.

El índice de productividad de Malmquist (IPM) muestra en el periodo 2010 – 2013, un incremento de productividad de todas las ciudades, con excepción de Neiva (0.98028631). Las ciudades que incrementan el IPM, corresponden a aquellas que logran mantener y/o

incrementar tanto, su eficiencia como progreso técnico (Valledupar, Cartagena, Popayán, Ibagué, Cali, Tunja, Sincelejo, Dosquebradas, Bogotá, entre otras).

#### 4. Comparación de los resultados obtenidos mediante las metodologías Doing Business y el Análisis Envolvente de Datos, DEA, respecto de la Clasificación de 23 Ciudades Colombianas según las Facilidades que ofrecen para hacer negocios

A continuación se presenta un análisis de los resultados obtenidos al evaluar la metodología *Doing Business* y los resultados obtenidos a partir de los modelos del análisis envolvente de datos DEA considerados.

#### 4.1 Una reflexión crítica a la metodología Doing Business (clasificando ciudades)

##### 4.1.1 Variables y criterios considerados

Seguidamente se presentan las variables objeto de medición, su descripción y sus respectivos criterios.

**Tabla 104.** Variables y criterios considerados por la metodología Doing Business

Variable	Descripción	Criterios (componentes)
<b>1. Apertura de un negocio</b>	Este indicador mide los trámites que oficialmente necesita un empresario para crear y poner en marcha formalmente una empresa	1.1 Procedimientos (número) 1.2 Tiempo (días) 1.3 Costo (% ingreso per cápita) 1.4 Capital mínimo pagado (% ingreso per cápita)
<b>2. Obtención de permisos de construcción</b>	Este indicador mide los trámites, tiempo y costo de construir una bodega, conectarla a los servicios públicos de suministro e inscribirla.	2.1 Procedimientos (número) 2.2 Tiempo (días) 2.3 Costo (% ingreso per cápita)
<b>3. Registro de propiedades</b>	Este indicador mide la secuencia de trámites, tiempo y costo necesarios para registrar el título de propiedad, cuando una sociedad compra un terreno y/o un edificio.	3.1 Procedimientos (número) 3.2 Tiempo (días) 3.3 Costo (% del valor de la propiedad)
<b>4. Pago de impuestos</b>	Este indicador mide todos los impuestos y contribuciones obligatorias que debe pagar una mediana empresa en el ejercicio fiscal. También mide la carga administrativa de pagar estos impuestos y contribuciones.	4.1 Pagos (número) 4.2 Tiempo (horas) 4.3 Tasa total de impuestos (% de ganancia)

Fuente: Elaboración propia.

##### 4.1.2 La metodología Doing Business (análisis de las variables y sus respectivos criterios)

A continuación se describen cada una de las etapas propuestas por la metodología *Doing Business* con sus limitantes, y la propuesta de la metodología del análisis envolvente de datos, DEA para superarlas.



**Tabla 105.** Comparativo de las metodología Doing Business y DEA (clasificando ciudades)

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>¿Cómo la hace DEA?</b>	<b>¿Cómo lo hace DEA?</b>
<b>1</b>	Estimación del rango percentil para cada uno de los criterios considerados para cada una de las cuatro variables.	El rango percentil solo considera la posición relativa del dato en cuestión, respecto del conjunto de datos en que este es analizado. <b>No considera el valor asociado del dato.</b>	DEA es una técnica basada en programación lineal desarrollada para calcular el índice de eficiencia de una DMU, con base en sus <i>inputs</i> y <i>outputs</i> . Se considera a una ciudad más eficiente que otra, a partir del mismo <i>output</i> (normalizado), pero con menores <i>inputs</i> .
<b>2</b>	Estimación del percentil para cada una de las cuatro variables.	Se estima como el promedio de los rangos percentiles de los criterios considerados ( <b>asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados</b> ).	La solución del modelo de PL garantiza que se asignen los mejores pesos a los <i>inputs</i> de acuerdo con la conveniencia de cada DMU.
<b>3</b>	Estimación de la clasificación de las ciudades según cada una de las cuatro variables.	Se estima <b>a partir del ordenamiento ascendente del percentil promedio</b> de cada variable.	El ranking de las más eficientes, asegura que el índice de eficiencia es el mejor posible y el más conveniente [4].
<b>4</b>	Estimación del percentil para cada una de las ciudades.	Se estima como el promedio de los percentiles de las variables ( <b>asigna el mismo peso a las cuatro variables consideradas</b> )	La solución del modelo de PL garantiza que se asignen los mejores pesos a los <i>inputs</i> de acuerdo con la conveniencia de cada DMU.
<b>5</b>	Clasificación final de las ciudades.	Se estima <b>a partir del ordenamiento ascendente del percentil promedio</b> de cada una de las ciudades.	El ranking de las más eficientes, asegura que el índice de eficiencia es el mejor posible y el más conveniente [4].

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3 Limitantes de la metodología Doing Business (clasificando ciudades)

- ✓ En los informes Doing Business Colombia 2010 y 2013 no se dispone de información relevante para el criterio **Capital mínimo pagado (% de ingreso per cápita)**, este criterio se reporta igual a cero para las 23 ciudades; aun así, su rango percentil (igual a cero) es considerado junto con el de los demás criterios para el cálculo del percentil promedio de la variable “**Apertura de un negocio**”. Considerando que este criterio asume un valor nulo, lo cual no aporta fuerza para la discriminación de las ciudades, se recomienda no considerarlo bajo estas condiciones en la estructura de la variable.

- ✓ En los informes Doing Business Colombia 2010 y 2013 el criterio **Tiempo (horas)** se reporta con un valor igual a 203 para las 23 ciudades; aun así, su rango percentil (igual a cero) es considerado junto con el de los demás criterios para el cálculo del percentil promedio de la variable **“Pago de impuestos”**. Considerando que este criterio se comporta como una constante, lo cual no aporta fuerza para la discriminación de las ciudades, se recomienda no considerarlo bajo estas condiciones en la estructura de la variable.
- ✓ Durante el desarrollo del numeral 3.1.6 **“Reflexiones a partir de la metodología Doing Business para clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios”**, se observa como indistintamente la modificación significativa / no significativa del valor asociado a un criterio, puede afectar o no el ranking de una variable o la clasificación final de una ciudad. Esta situación evidencia la escasa predictibilidad de la metodología a la hora de planear la mejora de un criterio o variable para cualquiera de las ciudades.
- ✓ Durante el desarrollo del numeral 2.2.2 **“Revisión del concepto Rango percentil de un dato”**, se observa mediante un ejemplo el comportamiento de un dato, dentro del conjunto de datos sobre el cual es estimado (solo considera la posición relativa del dato en cuestión, respecto del conjunto de datos en que este es analizado. No se considera el valor del dato).

## 4.2 Los modelos DEA considerados

Para efectos de clasificar las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, la metodología del análisis envolvente de datos DEA toma como *inputs* los criterios asociados a cada una de las cuatro variables consideradas por *Doing Business*, y un *output* con un valor estandarizado (=100) para cada una de las DMU (véase Tablas 47 y 48), estableciendo la clasificación (*ranking*) de las ciudades más eficientes; siendo este índice de eficiencia, el mejor posible y el más conveniente [4]. Se considera a una ciudad más eficiente que otra, a partir del mismo *output*, pero con menores *inputs*.

Para medir las eficiencias relativas y obtener una clasificación o *ranking* de las 23 ciudades colombianas con respecto a la “facilidad para hacer negocios”, se evaluaron los siguientes modelos DEA:

- CCR-I (modelo con retornos a escala constantes orientado a las entradas)
- BCC-I (modelo con retornos a escala variables orientado a las entradas)
- Super-CCR-I (modelo de supereficiencia radial CCR orientado a las entradas)
- Super-BCC-I (modelo de supereficiencia radial BCC orientado a las entradas)
- Super SBM-I-C (modelo de supereficiencia no radial basado en holguras con retornos a escala constantes orientado a las entradas)
- Super-SBM-I-V (modelo de supereficiencia no radial basado en holguras con retornos a escala variables orientado a las entradas)

- Malmquist-Radial-I-C (modelo del índice de Malmquist radial con retornos a escala constantes orientado a las entradas)

Se consideró pertinente utilizar el modelo DEA CCR-I dado que las ciudades colombianas se encuentran en situaciones similares en cuanto a la normatividad, regulaciones y legislación existentes a nivel nacional y por lo tanto podrían tener la misma tasa de producción, característica fundamental de los modelos con retornos a escala constante. No obstante, Se consideró también pertinente evaluar el modelo BCC-I para analizar el hecho de que existen diferencias de tamaño en las ciudades, tal situación nos llevó a pensar que las ciudades podrían encontrarse en diferentes escalas productivas con base en su tamaño y algunas regulaciones particulares, característica de los modelos con retornos variables a escala.

A partir de la utilización del modelo DEA CCR-I son clasificadas como eficientes (score = 1) el 82.6% de las ciudades (19/23). Esta situación hizo necesario la utilización de los modelos de supereficiencia (radiales y no radiales), de tal manera que se pudiera establecer la discriminación de las mismas, y la obtención del ranking de las 23 ciudades.

Al utilizar el modelo de supereficiencia radial DEA Super CCR-I se aprecia que no logra la discriminación total de las 23 ciudades. El modelo alcanza una discriminación cercana al 89% de las ciudades (20/23) para el año 2013.

El modelo de supereficiencia no radial basado en holguras DEA Super SBM-I-C logra la discriminación de las 23 ciudades de manera global; como también, para cada una de las cuatro variables evaluadas. El 100% de las ciudades colombianas son discriminadas, resolviendo inclusive algunos empates en los score de eficiencia (para el caso de las ciudades ineficientes).

Como se observa en el numeral 3.2.2 y específicamente la tabla 58, donde se presenta la clasificación de las ciudades a partir de los emparejamientos de los modelos DEA CCR-I / BCC-I, DEA Super-CCR-I / Super-BCC- I, DEA Super SBM-I-C / Super-SBM – I – V, y a partir de la eficiencia de escala ( $SE = 1$ ), se deduce que no existe divergencia entre el ranking de eficiencia de las DMU (ciudades) bajo los modelos CCR-I y BCC-I. Se evidencia que los modelos DEA considerados para la clasificación de las ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, no son influidos por los retornos a escala.

#### **4.2.1 El modelo DEA propuesto para la clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios**

A continuación se presenta la clasificación de las 23 ciudades colombianas según las facilidades que ofrecen para hacer negocios de acuerdo a cada una de las cuatro variables. Finalmente, se analiza la clasificación global de las ciudades colombianas bajo la metodología DEA.

Congruentemente con lo expuesto en la fase 2 (clasificación de las principales Ciudades Colombianas según la Facilidad que ofrecen para hacer negocios, mediante Análisis

Envolvente de Datos, DEA), el modelo DEA Super SBM-I-C discrimina globalmente las 23 ciudades, además de discriminarlas para cada una de las cuatro variables propuestas por la metodología Doing Business, estableciendo así el mejor *ranking* de clasificación; por tal razón, se constituye en el modelo recomendado por esta investigación como metodología alterna para la clasificación de las ciudades colombianas según las facilidades que ofrecen para hacer negocios.

#### 4.2.1.1 Clasificación DEA de ciudades colombianas 2013, según variable apertura de un negocio

**Tabla 106.** Clasificación de ciudades 2013 según variable: Apertura de un negocio

Variable: Apertura de un negocio			Peso ponderado inputs			Exceso inputs		
Rank	DMU eficiente	Score	Tramites	Tiempo	Costo	Tramites	Tiempo	Costo
1	Armenia	1,07969045322413	45,90%	19,44%	34,66%	0	1	0,93340
						Reducción inputs		
Rank	DMU ineficiente	Score	Ref. Set			Tramites	Tiempo	Costo
2	Santa Marta	0,928999677558809	Armenia	1	0,00%	-9,09%	-12,21%	
3	Pereira	0,928570334962875	Armenia	1	0,00%	-9,09%	-12,34%	
4	Cali	0,92491142893391	Armenia	1	0,00%	-9,09%	-13,44%	
5	Ibagué	0,898895680420319	Armenia	1	-10,00%	-9,09%	-11,24%	
6	Manizales	0,871833442395603	Armenia	1	-10,00%	-16,67%	-11,78%	
7	Cartagena	0,867671156773693	Armenia	1	0,00%	-28,57%	-11,13%	
8	Medellín	0,860220980357809	Armenia	1	-10,00%	-9,09%	-22,84%	
9	Palmira	0,842061123390899	Armenia	1	-10,00%	-23,08%	-14,30%	
10	Bucaramanga	0,822217775076937	Armenia	1	0,00%	-9,09%	-44,24%	
11	Bogotá	0,804575918678455	Armenia	1	-10,00%	-37,50%	-11,13%	
12	Neiva	0,765672520019125	Armenia	1	0,00%	0,00%	-70,30%	
13	Sincelejo	0,751627395779859	Armenia	1	-18,18%	-44,44%	-11,89%	
14	Pasto	0,748202602905979	Armenia	1	-18,18%	-44,44%	-12,91%	
15	Villavicencio	0,734780009758153	Armenia	1	-18,18%	-23,08%	-38,31%	
16	Barranquilla	0,733760042321327	Armenia	1	-18,18%	-50,00%	-11,69%	
17	Cúcuta	0,705176329762007	Armenia	1	-25,00%	-44,44%	-19,00%	
18	Riohacha	0,670120275550412	Armenia	1	-30,77%	-54,55%	-13,65%	
19	Popayán	0,649158461364682	Armenia	1	-35,71%	-54,55%	-14,99%	
20	Montería	0,629254643773021	Armenia	1	-40,00%	-44,44%	-26,78%	
21	Valledupar	0,60965060308729	Armenia	1	-47,06%	-56,52%	-13,52%	
22	Dosquebradas	0,578804942619005	Armenia	1	-35,71%	-75,00%	-15,64%	
23	Tunja	0,5608676713195	Armenia	1	-47,06%	-70,59%	-14,09%	

Fuente: Elaboración propia.

La ciudad de Armenia es clasificada como eficiente, las restantes 22 como ineficientes. Para el caso de Armenia, se reportan los pesos ponderados y los excesos de sus inputs; aun siendo clasificada eficiente podría reducir dos de sus inputs (tiempo y costo), lo anterior le permitirá mantenerse eficiente. Se destaca la ponderación del input trámites, el cual representa cerca del 46%, este no presenta exceso alguno. Los inputs con exceso tienen una menor ponderación.

De manera adicional, se observa que la ciudad de Armenia es considerada como ciudad referente (DMU virtual eficiente) para las otras 22 ciudades colombianas clasificadas como ineficientes. Los pesos ponderados (ciudad referente) podrán orientar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad inicialmente clasificada como

ineficiente (al momento de reducir una u otra entrada, puede anticiparse el impacto en la clasificación).

El reporte señala para las 22 ciudades clasificadas como ineficientes, el valor en el cual deben reducir sus inputs para alcanzar el status de eficiencia. Por ejemplo Santa Marta debe priorizar la reducción del input costo, dado que su ponderación es superior a la del input tiempo, ambos inputs presentan excesos.

#### 4.2.1.2 Clasificación DEA de ciudades colombianas 2013, según variable obtención de permisos de construcción

**Tabla 107.** Clasificación de ciudades según variable: Obtención permisos de construcción

Variable: Obtención permisos de construcción			Peso ponderado Inputs			Exceso inputs		
Rank	DMU eficiente	Score	Tramites	Tiempo	Costo	Tramites	Tiempo	Costo
1	Manizales	1,1682558622760	87,97%	8,25%	3,78%	0	19,68594	0
2	Armenia	1,1030295903141	87,97%	8,25%	3,78%	0	18,33333	1,05937
3	Tunja	1,0480104692833	83,66%	7,84%	8,50%	0	0	9,81620
4	Pereira	1,0163908490232	88,26%	8,05%	3,69%	0,39338	0	0
						Reducción Inputs		
Rank	DMU ineficiente	Score	Ref. Set	$\lambda$		Tramites	Tiempo	Costo
5	Dosquebradas	0,981412885588807	Pereira	1		0,00%	0,00%	-5,58%
6	Montería	0,942902033078927	Armenia	0,5		0,00%	-11,97%	-5,16%
			Pereira	0,5				
7	Santa Marta	0,90261271538083	Pereira	1		0,00%	-14,86%	-14,35%
8	Neiva	0,87747929625438	Armenia	0,69		-20,66%	-16,10%	0,00%
			Tunja	0,31				
9	Riohacha	0,87561184591587	Armenia	1		-9,09%	-22,50%	-5,73%
10	Popayán	0,848868205694661	Armenia	1		-9,09%	0,00%	-36,25%
11	Bucaramanga	0,834260958012896	Armenia	1		-9,09%	-38,61%	-2,02%
12	Ibagué	0,814982773760912	Armenia	0,5		0,00%	-54,71%	-0,80%
			Pereira	0,5				
13	Bogotá	0,783625110385161	Manizales	1		0,00%	-15,22%	-49,70%
14	Pasto	0,749542256597332	Armenia	1		0,00%	-46,09%	-29,05%
15	Cúcuta	0,748844340755369	Manizales	1		-11,11%	-43,48%	-20,76%
16	Cali	0,744885376944253	Pereira	1		-20,00%	-33,68%	-22,85%
17	Valledupar	0,728221463688443	Pereira	1		-11,11%	-46,61%	-23,81%
18	Sincelejo	0,72659001120215	Armenia	1		-23,08%	-25,30%	-33,64%
19	Barranquilla	0,720389051920815	Pereira	1		-11,11%	-44,74%	-28,04%
20	Medellín	0,707330427649903	Pereira	1		0,00%	-47,06%	-40,74%
21	Villavicencio	0,702426902519067	Pereira	1		-20,00%	-44,25%	-25,02%
22	Cartagena	0,676548469212337	Manizales	1		0,00%	-50,00%	-47,04%
23	Palmira	0,558051303525404	Manizales	1		-27,27%	-61,39%	-43,93%

Fuente: Elaboración propia.

Las ciudades de Manizales, Armenia, Tunja y Pereira son clasificadas como eficientes, las restantes 19 como ineficientes. Para las eficientes, se reportan los pesos ponderados y los excesos de sus inputs; aun siendo clasificadas eficientes podrían reducir sus inputs (tiempo y/o costo), lo cual permitirá mantenerse eficientes. Se destaca la ponderación del input trámites –superior al 83%–, precisamente la ciudad de Pereira con un mínimo exceso para este input, se clasifica en la cuarta posición entre las ciudades eficientes.

De manera adicional, se observa que las ciudades de Pereira (41%), Armenia (36%), Manizales (18%) y Tunja (5%) son la ciudad referente (DMU virtual eficiente) para las otras 19 ciudades colombianas clasificadas como ineficientes. Los pesos ponderados (ciudad referente) podrán orientar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad inicialmente clasificada como ineficiente (al momento de reducir una u otra entrada, puede anticiparse el impacto en la clasificación).

El reporte señala para las 19 ciudades clasificadas como ineficientes, el valor en el cual deben reducir sus inputs para alcanzar el status de eficiencia. Por ejemplo Santa Marta debe priorizar la reducción del input tiempo, dado que su ponderación es superior a la del input costo, ambos inputs presentan excesos.

#### 4.2.1.3 Clasificación DEA de ciudades colombianas 2013, según variable registro de propiedades

**Tabla 108.** Clasificación de ciudades según variable: Registro de propiedades

Variable: Registro de propiedades			Peso ponderado Inputs			Exceso inputs		
Rank	DMU eficiente	Score	Tramites	Tiempo	Costo	Tramites	Tiempo	Costo
1	Manizales	1,06162102	22,03%	7,63%	70,34%	0	2,000	0,006
2	Bogotá	1,04761905	24,59%	7,38%	68,03%	1	0	0
3	Ibagué	1,01372534	15,71%	2,72%	81,57%	0	0	0,07622
					Reducción inputs			
Rank	DMU ineficiente	Score	Ref. Set	$\lambda$	Tramites	Tiempo	Costo	
4	Valledupar	0,94770607	Manizales	1	0,00%	-15,38%	-0,30%	
5	Tunja	0,8088594	Manizales	1	-10,00%	-45,00%	-2,34%	
6	Riohacha	0,79390304	Manizales	1	0,00%	-57,69%	-4,14%	
7	Sincedejo	0,76269891	Manizales	1	-30,77%	-35,29%	-5,13%	
8	Santa Marta	0,74352802	Manizales	1	-18,18%	-35,29%	-23,47%	
9	Medellín	0,74330751	Manizales	1	-10,00%	-50,00%	-17,01%	
10	Pasto	0,72379789	Bogotá	0,38	-17,69%	-65,17%	0,00%	
			Manizales	0,62				
11	Dosquebradas	0,722765	Manizales	1	-18,18%	-42,11%	-22,88%	
12	Pereira	0,7225351	Manizales	1	-18,18%	-42,11%	-22,95%	
13	Armenia	0,7147516	Manizales	1	-18,18%	-38,89%	-28,50%	
14	Popayán	0,70838514	Manizales	1	-18,18%	-62,07%	-7,23%	
15	Montería	0,69528757	Manizales	1	-25,00%	-59,26%	-7,15%	
16	Villavicencio	0,69457827	Bogotá	1	-30,00%	-48,28%	-13,35%	
17	Cúcuta	0,6834406	Manizales	1	-25,00%	-59,26%	-10,71%	
18	Palmira	0,67754352	Manizales	1	-25,00%	-59,26%	-12,48%	
19	Neiva	0,67141319	Manizales	1	-18,18%	-35,29%	-45,10%	
20	Bucaramanga	0,66186818	Manizales	1	-30,77%	-47,62%	-23,05%	
21	Cali	0,63705653	Manizales	1	-30,77%	-65,62%	-12,49%	
22	Barranquilla	0,62058855	Manizales	1	-25,00%	-35,29%	-53,53%	
23	Cartagena	0,59596742	Manizales	1	-25,00%	-66,67%	-29,54%	

Fuente: Elaboración propia.

Las ciudades de Manizales, Bogotá e Ibagué son clasificadas como eficientes, las restantes 20 como ineficientes. Para las eficientes, se reportan los pesos ponderados y los excesos de sus inputs; aun siendo clasificadas eficientes podrían reducir sus inputs (trámites, tiempo, costo), lo cual permitirá mantenerse eficientes. Se destaca la ponderación del input costo—superior al 68%—, precisamente la ciudad de Ibagué con un mínimo exceso para este input, se clasifica en la tercera posición entre las ciudades eficientes.

De manera adicional, se observa que las ciudades de Manizales (90%) y Bogotá (10%) son la ciudad referente (DMU virtual eficiente) para las otras 20 ciudades colombianas clasificadas como ineficientes. Los pesos ponderados (ciudad referente) podrán orientar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad inicialmente clasificada como ineficiente (al momento de reducir una u otra entrada, puede anticiparse el impacto en la clasificación).

El reporte señala para las 20 ciudades clasificadas como ineficientes, el valor en el cual deben reducir sus inputs para alcanzar el status de eficiencia. Por ejemplo Santa Marta considerando el peso ponderado; debe priorizar la reducción del input costo, en segundo lugar del input trámites y finalmente del input tiempo, los tres inputs presentan excesos.

#### 4.2.1.4 Clasificación DEA de ciudades colombianas 2013, según variable pago de impuestos

**Tabla 109.** Clasificación de ciudades según variable: Pago de impuestos

Variable: Pago de impuestos			Peso ponderado Inputs		Exceso inputs eficientes	
Rank	DMU eficiente	Score	Pagos	Tasa total	Pagos	Tasa total
1	Ibagué	1,00302419411345	77,47%	22,53%	0,0000	0,4054
2	Armenia	1,00082118349306	4,47%	95,53%	0,0000	0,1093
					Reducción inputs	
Rank	DMU ineficiente	Score	Ref. Set	$\lambda$	Pagos	Tasa total
3	Dosquebradas	0,996993987417662	Ibagué	1	0,00%	-0,60%
4	Manizales	0,98644765889468	Ibagué	1	0,00%	-2,71%
5	Montería	0,986370810732445	Ibagué	1	0,00%	-2,73%
6	Villavicencio	0,985695949772386	Ibagué	1	0,00%	-2,86%
7	Popayán	0,977813998236463	Ibagué	1	0,00%	-4,44%
8	Bucaramanga	0,976643231842824	Ibagué	1	0,00%	-4,67%
9	Valledupar	0,965655571270682	Ibagué	1	0,00%	-6,87%
10	Medellín	0,964431057211952	Ibagué	1	0,00%	-7,11%
11	Sincelejo	0,964124792760716	Ibagué	1	0,00%	-7,18%
12	Tunja	0,963221275359483	Ibagué	1	0,00%	-7,36%
13	Pereira	0,960235255034988	Armenia	0,78	-7,95%	0,00%
			Ibagué	0,22		
14	Bogotá	0,9400302207865	Ibagué	1	0,00%	-11,99%
15	Riohacha	0,808239308391645	Ibagué	1	-33,33%	-5,02%
16	Neiva	0,806109128397469	Ibagué	1	-37,50%	-1,28%
17	Cúcuta	0,792507612911306	Ibagué	1	-37,50%	-4,00%
18	Cartagena	0,778658117767282	Ibagué	1	-37,50%	-6,77%
19	Barranquilla	0,777889651841029	Ibagué	1	-37,50%	-6,92%
20	Santa Marta	0,777023107085722	Ibagué	1	-37,50%	-7,10%
21	Pasto	0,705963079133956	Ibagué	1	-54,55%	-4,26%
22	Palmira	0,695467756477741	Ibagué	1	-54,55%	-6,36%
23	Cali	0,693365561044315	Ibagué	1	-54,55%	-6,78%

Fuente: Elaboración propia.

Las ciudades de Ibagué y Armenia son clasificadas como eficientes, las restantes 21 como ineficientes. Para las eficientes, se reportan los pesos ponderados y los excesos de sus inputs; aun siendo clasificadas eficientes podrían reducir el input (tasa total), lo cual permitirá mantenerse eficientes. Se destaca la ponderación del input tasa total –superior al 95%-, precisamente la ciudad de Armenia con un mínimo exceso para este input (inclusive menor que Ibagué), se clasifica en la segunda posición entre las ciudades eficientes.



De manera adicional, se observa que las ciudades de Ibagué (95%) y Armenia (5%) son la ciudad referente (DMU virtual eficiente) para las otras 21 ciudades colombianas clasificadas como ineficientes. Los pesos ponderados (ciudad referente) podrán orientar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad inicialmente clasificada como ineficiente (al momento de reducir una u otra entrada, puede anticiparse el impacto en la clasificación).

El reporte señala para las 21 ciudades clasificadas como ineficientes, el valor en el cual deben reducir sus inputs para alcanzar el status de eficiencia. Por ejemplo Santa Marta debe priorizar la reducción del input cantidad de pagos, dado que su ponderación es superior a la del input tasa total, ambos inputs presentan excesos.

#### 4.2.1.5 Clasificación Global DEA de ciudades colombianas 2013, según las facilidades que ofrecen para hacer negocios

A continuación se presenta la clasificación global de ciudades colombianas según las facilidades que ofrecen para hacer negocios. Para facilitar el análisis se presentan por separado las ciudades eficientes (tablas 110, 111) y las ciudades ineficientes (tablas 112, 113).

**Tabla 110.** Clasificación DEA de ciudades colombianas eficientes 2013

Clasificación DEA Ciudades eficientes													
Rank	DMU	Score	Peso ponderado										
			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
1	Manizales	1,185744256041	5,56%	38,89%	4,44%	7,78%	1,11%	0,00%	7,78%	3,33%	25,56%	4,44%	1,11%
2	Ibagué	1,086614209068	2,46%	0,99%	43,84%	3,45%	0,49%	0,00%	3,45%	1,48%	41,38%	1,97%	0,49%
3	Tunja	1,057422989526	7,14%	2,86%	22,86%	10,00%	1,43%	1,43%	10,00%	4,29%	32,86%	5,71%	1,43%
4	Armenia	1,057400076972	36,59%	2,44%	4,88%	8,54%	1,22%	0,00%	8,54%	3,66%	28,05%	4,88%	1,22%
5	Bucaramanga	1,046218684413	44,37%	1,32%	2,65%	4,64%	0,66%	0,00%	4,64%	1,99%	36,42%	2,65%	0,66%
6	Bogotá	1,026495731678	0,49%	0,20%	55,83%	39,62%	0,10%	0,00%	0,69%	0,30%	2,27%	0,40%	0,10%
7	Neiva	1,024838428934	10,77%	3,08%	6,15%	10,77%	1,54%	9,23%	10,77%	4,62%	35,38%	6,15%	1,54%
8	Montería	1,021743368283	3,27%	1,31%	2,61%	27,45%	1,31%	1,31%	4,58%	1,96%	52,94%	2,61%	0,65%
9	Dosquebradas	1,020971449743	3,73%	1,49%	2,99%	60,45%	0,75%	1,49%	5,22%	2,24%	17,16%	3,73%	0,75%
10	Riohacha	1,018160701460	5,00%	2,00%	4,00%	7,00%	2,00%	1,00%	48,00%	3,00%	23,00%	4,00%	1,00%
11	Pereira	1,016827958087	49,09%	1,82%	3,64%	10,00%	0,91%	0,00%	6,36%	2,73%	20,91%	3,64%	0,91%
12	Santa Marta	1,008555416675	53,91%	1,74%	3,48%	6,96%	0,87%	0,00%	6,09%	2,61%	20,00%	3,48%	0,87%
13	Medellín	1,008264462809	2,16%	22,41%	1,72%	46,12%	0,43%	0,00%	13,79%	1,29%	9,91%	1,72%	0,43%
14	Cali	1,005496372137	37,81%	0,46%	0,91%	1,59%	0,23%	0,00%	1,59%	0,68%	55,58%	0,91%	0,23%
15	Cartagena	1,001372573770	8,48%	0,19%	47,11%	40,46%	0,10%	0,00%	0,67%	0,29%	2,22%	0,39%	0,10%
16	Sincelejo	1,000800442326	39,60%	0,17%	26,15%	0,58%	3,26%	3,17%	0,58%	0,25%	1,92%	24,23%	0,08%

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 111.** Clasificación DEA de ciudades colombianas eficientes 2013 (continuación)

Rank	DMU	Score	DMU referente	Exceso inputs										
				X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
1	Manizales	1,18574425604	Bogotá		4,00			7,00	155,05		4,00	0,14		7,27
2	Ibagué	1,08661420906	Manizales		1,00	0,05			64,54	1,00		0,01		1,87
3	Tunja	1,05742298952	Montería			0,48			37,19			0,02	0,14	
4	Armenia	1,05740007697	Pereira		1,00	0,94		1,00	25,11		1,00			0,11
5	Bucaramanga	1,04621868441	Ibagué	0,72					20,24				1,78	
6	Bogotá	1,02649573167	Manizales			0,05	0,07			1,93				
7	Neiva	1,02483842893	Armenia	0,21	0,55				10,17		1,02			
8	Montería	1,02174336828	Manizales				0,59		15,02					1,25



9	Dosquebradas	1,02097144974	Manizales				1,28		3,34				2,73
10	Riohacha	1,01816070146	Tunja						1,00		0,17		
11	Pereira	1,01682795808	Armenia	0,19			1,09						1,84
12	Santa Marta	1,00855541667	Pereira	0,45	0,34		0,10						
13	Medellín	1,00826446280	Manizales		1,00								
14	Cali	1,00549637213	Ibagué	0,54									
15	Cartagena	1,00137257377	Santa Marta	0,03		0,09							
16	Sincelejo	1,00080044232	Manizales			0,00			1,00				

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 112.** Clasificación DEA de ciudades colombianas ineficientes 2013

Clasificación DEA Ciudades ineficientes								
Rank	DMU	Score	Reference Set					
			DMU	$\lambda$	DMU	$\lambda$	DMU	$\lambda$
17	Popayán	0,889416458774258	Ibagué	0,072	Manizales	0,610	Tunja	0,318
18	Valledupar	0,858466025414576	Ibagué	0,312	Manizales	0,688		
19	Villavicencio	0,819314504169369	Ibagué	0,278	Manizales	0,722		
20	Pasto	0,812542920413678	Ibagué	0,704	Manizales	0,296		
21	Barranquilla	0,761942214524494	Ibagué	0,188	Manizales	0,812		
22	Cúcuta	0,756979934729228	Manizales	1				
23	Palmira	0,728936565078632	Manizales	1				

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 113.** Clasificación DEA de ciudades colombianas ineficientes 2013 (continuación)

Clasificación DEA Ciudades ineficientes											
Rank	Reducción inputs										
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
17	-12,69%	-14,02%	-2,86%	-17,96%	0,00%	0,00%	-15,95%	-51,22%	-6,56%	0,00%	-0,40%
18	-41,18%	-49,18%	-2,16%	-7,64%	-40,76%	0,00%	-3,47%	-5,78%	-0,44%	0,00%	-5,08%
19	-9,09%	-9,83%	-30,19%	-17,22%	-41,14%	0,00%	-12,78%	-58,24%	-19,37%	0,00%	-0,91%
20	-9,09%	-37,24%	-1,71%	-12,96%	-5,48%	0,00%	-17,04%	-61,62%	-3,04%	-54,55%	-3,47%
21	-9,09%	-40,94%	-0,01%	-9,02%	-49,48%	0,00%	-26,57%	-30,87%	-53,57%	-37,50%	-4,82%
22	-16,67%	-33,33%	-8,18%	-11,11%	-43,48%	-20,76%	-25,00%	-59,26%	-10,71%	-37,50%	-1,32%
23	0,00%	-7,69%	-2,86%	-27,27%	-61,39%	-43,93%	-25,00%	-59,26%	-12,48%	-54,55%	-3,75%

Fuente: Elaboración propia.

Las ciudades de Manizales, Ibagué, Armenia, Bucaramanga, Bogotá, Neiva, Montería, Dosquebradas, Riohacha, Pereira, Santa Marta, Medellín, Cali, Cartagena, Sincelejo son clasificadas como eficientes, las restantes 7 como ineficientes (Popayán, Valledupar, Villavicencio, Pasto, Barranquilla, Cúcuta, Palmira). Para las eficientes, se reportan los pesos ponderados y los excesos de sus inputs; aun siendo clasificadas eficientes podrían reducir sus inputs, lo cual permitirá mantenerse eficientes. Se destaca la ponderación promedio de los input trámites para la apertura de un negocio (19,4%), costo para la apertura de un negocio (14,58%), trámites para la obtención de permisos de construcción (17,84%), trámites para el registro de propiedades (25,35%) y costo para el registro de propiedades (25,35%).

A partir de los pesos ponderados de la DMU referente, las ciudades eficientes podrán orientar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar su eficiencia. Por ejemplo Ibagué a partir de la DMU referencia (Manizales), deberá priorizar en estricto orden la reducción de los inputs: tiempo para la apertura de un negocio (38,89%), costo para el registro de una propiedad (25,56%), trámites para el registro de una propiedad (7,78%), costo para la apertura de un negocio (4,44%) y tasa total para el pago de impuestos (1,11%). Se destaca

que la reducción del input costo para la obtención de permisos de construcción, no es significativo para la clasificación en el caso particular de Ibagué.

De manera adicional, se observa que las ciudades de Manizales (54%), Ibagué (39%) y Tunja (8%) son la ciudad referente (DMU virtual eficiente) para las 7 ciudades colombianas clasificadas como ineficientes. Los pesos ponderados (ciudad referente) podrán orientar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar la eficiencia de una ciudad inicialmente clasificada como ineficiente (al momento de reducir una u otra entrada, puede anticiparse el impacto en la clasificación).

El reporte señala para las 7 ciudades clasificadas como ineficientes, el valor en el cual deben reducir sus inputs para alcanzar el status de eficiencia. Por ejemplo Cúcuta debe priorizar la reducción del input tiempo para la apertura de un negocio, dado que su ponderación (38,89%) es superior a la de los input tiempo para la obtención de permisos de construcción (1,11%), tiempo para el registro de propiedades (3,33%) y número de pagos para el pago de impuestos (4,44%), los cuatro inputs presentan excesos.

#### 4.2.1.6 Comparativo clasificación de ciudades colombianas DEA / Doing Business

La tabla 114 compara la clasificación de las 23 ciudades colombianas durante los años 2010 y 2013, según las metodologías *Doing Business* y DEA (Modelo Super SBM-I-C).

El modelo DEA Super SBM-I-C se recomienda como metodología alterna para la clasificación de las ciudades colombianas según las facilidades que ofrecen para hacer negocios).

**Tabla 114.** Clasificación de ciudades 2010 y 2013, según Modelo DEA Super SBM-I-C / Metodología Doing Business|

Clasificación de Ciudades 2010						Clasificación de Ciudades 2013			
DEA Super SBM-I-C			Doing Business		DEA Super SBM-I-C			Doing Business	
Rank	DMU	Var	Rank	DMU	Rank	DMU	Var	Rank	DMU
1	Bogotá	+6	1	Ibagué	1	Manizales	0	1	Manizales
2	Neiva	+7	2	Manizales	2	Ibagué	0	2	Ibagué
3	Manizales	-1	3	Pereira	3	Tunja	+10	3	Bogotá
4	Ibagué	-3	4	Sincelejo	4	Armenia	0	4	Armenia
5	Sincelejo	-1	5	Armenia	5	Bucaramanga	+9	5	Pereira
6	Pereira	-3	6	Dosquebradas	6	Bogotá	-3	6	Santa Marta
7	Tunja	+4	7	Bogotá	7	Neiva	+2	7	Dosquebradas
8	Santa Marta	0	8	Santa Marta	8	Montería	+2	8	Valledupar
9	Villavicencio	+6	9	Neiva	9	Dosquebradas	-2	9	Neiva
10	Dosquebradas	-4	10	Valledupar	10	Riohacha	+2	10	Montería
11	Bucaramanga	+9	11	Tunja	11	Pereira	-6	11	Medellín
12	Armenia	-7	12	Riohacha	12	Santa Marta	-6	12	Riohacha
13	Riohacha	-1	13	Montería	13	Medellín	-2	13	Tunja
14	Pasto	+2	14	Popayán	14	Cali	+7	14	Bucaramanga
15	Popayán	-1	15	Villavicencio	15	Cartagena	+3	15	Popayán
16	Montería	-3	16	Pasto	16	Sincelejo	0	16	Sincelejo
17	Valledupar	-7	17	Cúcuta	17	Popayán	-2	17	Villavicencio
18	Barranquilla	0	18	Barranquilla	18	Valledupar	-10	18	Cartagena
19	Cúcuta	-2	19	Medellín	19	Villavicencio	-2	19	Pasto

20	Medellín	-1	20	Bucaramanga	20	Pasto	-1	20	Cúcuta
21	Cali	0	21	Cali	21	Barranquilla	+1	21	Cali
22	Palmira	0	22	Palmira	22	Cúcuta	-2	22	Barranquilla
23	Cartagena	0	23	Cartagena	23	Palmira	0	23	Palmira

Fuente: Elaboración propia.

En 2010 el 21.73% de las ciudades (5 / 23) presentan una posición idéntica bajo ambas metodologías, estas son: Santa Marta (8), Barranquilla (18), Cali (21), Palmira (22) y Cartagena (23).

Según la metodología DEA algunas ciudades ascienden significativamente con respecto a la clasificación Doing Business 2010: Bogotá (+6), Neiva (+7), Villavicencio (+6), Bucaramanga (+9); en contraste, descienden significativamente: Armenia (-7), Valledupar (-7), Dosquebradas (-4), Pereira (-3), Ibagué (-3) y Montería (-3).

En 2013 el 21.73% de las ciudades (5 / 23) presentan una posición idéntica bajo ambas metodologías, estas son: Manizales (1), Ibagué (2), Armenia (4), Sincelejo (16), Palmira (23).

Según la metodología DEA, algunas ciudades ascienden significativamente con respecto a la clasificación Doing Business 2013: Tunja (+10), Bucaramanga (+9) y Cali (+7); en contraste, descienden significativamente: Pereira (-6), Santa Marta (-6) y Valledupar (-10).

La varianza de la clasificación de ciudades DEA respecto a Doing Business se considera alta (19,74), debido a la discrepancia existente en el caso de: Tunja (+10), Pereira (-6), Bucaramanga (+9), Santa Marta (-6), Cali (+7) y Valledupar (-10). En el caso de la clasificación según cada una de las cuatro variables, la varianza (2.34, 7.71, 3.52, 7.16) es significativamente menor, debido que a lo sumo una de las ciudades presenta alta discrepancia en las clasificaciones (véanse tablas No. 57, 68, 78, 88, 98).

Lo anterior puede explicarse a partir de la forma como estiman ambas metodologías (DEA, Doing Business), la clasificación de ciudades. DEA no estima promedios, busca los mejores ponderadores; situación que si sucede para el caso del Doing Business. Lo anterior se reafirma al observar que la mayor varianza se presenta en la clasificación general, la cual es estimada por el Doing Business a partir de los percentiles promedio de las cuatro variables. En contraste, la clasificación según cada una de las variables presenta menor varianza, esto considerando en el caso del Doing Business que la clasificación es obtenida a partir del percentil de la respectiva ciudad, mientras que DEA lo hace a partir de la estimación de la frontera de eficiencia relativa.

## 5. Conclusiones

- La metodología *Doing Business* presenta algunas limitantes para la clasificación de las ciudades según la facilidad para hacer negocios tales como: solo se considera la posición relativa de los datos y no los valores asociados a ellos, asigna la misma ponderación a los diferentes criterios y variables considerados, la clasificación de las ciudades corresponde al ordenamiento ascendente del promedio simple de los percentiles de las cuatro variables, los percentiles promedio para las variables consideran criterios con valores nulos o constantes.
- El análisis envolvente de datos DEA supera las limitantes presentadas por la metodología *Doing Business* ya que asigna la mejor ponderación a las variables y los respectivos criterios (*inputs*), garantizando que el índice de eficiencia es el mejor posible y el más conveniente para establecer el *ranking* de clasificación. Para la clasificación mediante la metodología DEA no se considera los criterios con valor cero o con valores constantes para todas las ciudades (Apertura de un negocio - capital mínimo pagado, Pago de impuestos - tiempo), buscando de esta forma minimizar ruido en el modelo.
- Los resultados obtenidos permiten recomendar el análisis envolvente de datos DEA como una metodología alterna para la clasificación de las 23 ciudades colombianas, según el índice de las facilidades que ofrecen para hacer negocios. Una vez empleados los diferentes modelos DEA (CCR-I, BCC-I, Super CCR-I, Super BCC-I, Super SBM-I-C y Super SBM-I-V), se recomienda como metodología alternativa para clasificar las ciudades, al modelo Super SBM-I-C por presentar el mayor poder de discriminación.
- Al evaluar los resultados obtenidos con los emparejamientos de los modelos CCR-I / BCC-I, Super CCR-I / Super BCC-I, Super SBM-I-C / Super SBM-I-V, y a partir de la eficiencia de escala ( $SE = 1$ ), se deduce que no existe divergencia entre el ranking de eficiencia de las DMU (ciudades) bajo los modelos CCR-I y BCC-I. Se evidencia que los modelos DEA considerados para la clasificación de las ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, no son influidos por los retornos a escala.
- Al evaluar la evolución del indicador de la facilidad de hacer negocios en cada ciudad, durante las mediciones 2010 y 2013 a partir del modelo Malmquist Radial-I-C, se observa que todas las ciudades (a excepción de Neiva) han alcanzado movimiento de la frontera (“cambio técnico” o *Frontier-Shift*) para las cuatro variables consideradas.
- Las ciudades que incrementan el IPM entre dos periodos, corresponden a aquellas que logran mantener y/o incrementar tanto, su eficiencia como progreso técnico. Para el periodo 2010 – 2013 se comportan de tal manera Valledupar, Cartagena, Popayán, Ibagué, Cali, Tunja, Sincelejo, Dosquebradas, Bogotá, entre otras.
- Al evaluar la evolución del indicador global de la facilidad para hacer negocios durante las mediciones 2010 y 2013, mediante el modelo DEA Malmquist Radial-I-C, se

observa que el IPM muestra un incremento de productividad de todas las ciudades, con excepción de Neiva, ciudad que ha disminuido su productividad en aproximadamente un 2%. Es evidente que aunque se mantiene como una ciudad eficiente (catch-up = 1), no logra progreso técnico o movimiento de la frontera inicialmente eficiente (Frontier-shift = 0.98028631).

- El modelo DEA Super SBM-I-C se recomienda como metodología alterna para la clasificación de las ciudades colombianas según las facilidades que ofrecen para hacer negocios), a partir de la estructura de variables y criterios propuesta por el Doing Business.
- A partir de los pesos ponderados de la ciudad referente (DMU virtual eficiente), las ciudades colombianas clasificadas como ineficientes pueden orientar la toma de decisiones respecto de cómo mejorar su eficiencia, y al momento de reducir una u otra entrada podrán anticipar el impacto en la clasificación. Lo anterior permitirá a las ciudades colombianas decidir con menor incertidumbre como mejorar su clasificación, siendo posible estimar la relación beneficio costo de las acciones emprendidas para tal fin.
- Como valor agregado el Análisis Envolvente de Datos, DEA, además de establecer la clasificación de las 23 ciudades colombianas según las facilidades que ofrecen para hacer negocios, permite establecer la proyección de los inputs de tal manera que las ciudades ineficientes puedan llegar a ser tan eficientes como las ciudades o DMU eficientes que les sirven de referencia (a manera de ejemplo, ver tablas 115 – 116).

Con base en los resultados del Software DEA – Solver V 7.0™, el modelo DEA Super SBM-I-C (seleccionado por esta investigación como metodología alternativa), propone las proyecciones para las 23 ciudades respecto de la clasificación 2013.

**Tabla 115.** Tablero de mando 2013 - Proyección de los valores de las entradas según el modelo DEA Super SBM-I-C para ciudades eficientes

Clasificación DEA Ciudades eficientes													
Rank	DMU	Score	Exceso inputs eficientes										
			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
1	Manizales	1,185744256041		4,00			7,00	155,05		4,00	0,14		7,27
2	Ibagué	1,086614209068		1,00	0,05			64,54	1,00		0,01		1,87
3	Tunja	1,057422989526			0,48			37,19			0,02	0,14	
4	Armenia	1,057400076972		1,00	0,94		1,00	25,11		1,00			0,11
5	Bucaramanga	1,046218684413	0,72					20,24				1,78	
6	Bogotá	1,026495731678			0,05	0,07			1,93				
7	Neiva	1,024838428934	0,21	0,55				10,17		1,02			
8	Montería	1,021743368283				0,59		15,02					1,25
9	Dosquebradas	1,020971449743				1,28		3,34					2,73
10	Riohacha	1,018160701460							1,00		0,17		
11	Pereira	1,016827958087	0,19			1,09							1,84
12	Santa Marta	1,008555416675	0,45	0,34		0,10							
13	Medellín	1,008264462809		1,00									
14	Cali	1,005496372137	0,54										
15	Cartagena	1,001372573770	0,03		0,09								
16	Sincelejo	1,000800442326			0,00			1,00					

En los resultados del año 2013, se puede observar que Manizales es la ciudad más eficiente con un score = 1.186 y presenta los porcentajes de proyección en sus entradas con valores cero o positivos, lo que se puede entender como que esta ciudad podría situar dichas entradas en sus valores proyectados y seguiría siendo eficiente. Por ejemplo en su entrada X2, la cual corresponde al tiempo de apertura de un negocio presenta un valor de 12 y con su proyección (+4) podría estar en 16, lo que indica que podría aumentar un 33.33% y seguiría estando en la frontera de eficiencia. De manera alternativa y preferiblemente, aun siendo clasificada eficiente, podría reducir este input (-4 o -33.33%), lo cual le permitirá mantenerse como ciudad eficiente en el tiempo. Es de suponer, que las demás ciudades también propenderán por reducir sus inputs buscando una mejor clasificación.

De forma similar pueden ser analizadas las demás proyecciones para la totalidad de entradas correspondientes a las 16 ciudades eficientes.

**Tabla 116.** Tablero de mando 2013 - Proyección de los valores de las entradas según el modelo DEA Super SBM-I-C para ciudades ineficientes

Clasificación DEA Ciudades ineficientes												
Rank	DMU	Reducción inputs										
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
17	Popayán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		12,69%	14,02%	-2,86%	17,96%	0,00%	0,00%	15,95%	51,22%	-6,56%	0,00%	0,40%
18	Valledupar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		41,18%	49,18%	-2,16%	-7,64%	40,76%	0,00%	-3,47%	-5,78%	-0,44%	0,00%	5,08%
19	Villavicencio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-9,09%	-9,83%	30,19%	17,22%	41,14%	0,00%	12,78%	58,24%	19,37%	0,00%	0,91%
20	Pasto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-9,09%	37,24%	-1,71%	12,96%	-5,48%	0,00%	17,04%	61,62%	-3,04%	54,55%	3,47%
21	Barranquilla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-9,09%	40,94%	-0,01%	-9,02%	49,48%	0,00%	26,57%	30,87%	53,57%	37,50%	4,82%
22	Cúcuta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		16,67%	33,33%	-8,18%	11,11%	43,48%	20,76%	25,00%	59,26%	10,71%	37,50%	1,32%
23	Palmira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,00%	-7,69%	-2,86%	27,27%	61,39%	43,93%	25,00%	59,26%	12,48%	54,55%	3,75%

Fuente: Elaboración propia.

En ciudades ineficientes como Barranquilla con un score = 0.7619, se puede observar que los porcentajes de proyección para sus entradas presentan valores negativos, lo cual indica que debe reducir el valor de dichas entradas para lograr situarse en la frontera de eficiencia. Por ejemplo su entrada X1 correspondiente al número de trámites para la apertura de un negocio, el cual presenta un valor de 11 y debería reducirse a 10 con una disminución del 9.09%.

De forma similar pueden ser analizadas las demás proyecciones para la totalidad de entradas correspondientes a las 7 ciudades ineficientes.

## 6. Recomendaciones para futuras investigaciones

Pensando en una metodología -no solo alterna, como la que se propone en esta investigación-, para la clasificación de las ciudades Colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios, se recomienda para abordar en posteriores estudios e investigaciones:

- ✓ Considerar criterios especiales aplicables a las variables de entrada (derechos de entrada a la economía suscitados por factores climáticos o naturales, legislaciones o regímenes especiales, zonas geográficas especiales, entre otros)

Recientemente se ha publicado el informe Doing Business Colombia 2017, el cual presenta varios cambios en su metodología con respecto a los años anteriores, tales cambios se resumen a continuación (el anexo No. 5 incluye un resumen del Informe DOING BUSINESS Colombia 2017).

El concepto del rango percentil utilizado como base para la clasificación de las ciudades, ha sido sustituido por el concepto de “Distancia a la Frontera”; valor que es estimado mediante una transformación lineal, a partir del establecimiento del mejor y el peor desempeño de cada criterio durante las últimas tres mediciones Doing Business.

Se agregaron once nuevas ciudades: Arauca, Florencia, Inírida, Leticia, Mitú, Mocoa, Puerto Carreño, Quibdó, San Andrés, San José del Guaviare y Yopal. No son consideradas Palmira y Dosquebradas; cubriendo por primera vez las 32 ciudades capitales de departamento.

Aunque se analizan las mismas 4 variables estudiadas en este proyecto, ahora se han incorporado nuevos criterios para tres de estas (obtención de permisos de construcción, registro de propiedades, pago de impuestos); los cuales a su vez, son estimados a partir de una serie de indicadores que pretenden reflejar el funcionamiento de las instituciones y la calidad de los servicios prestados. A continuación puede observarse la estructura de los criterios incluidos.

**Tabla 117.** Nuevos criterios considerados para la clasificación de ciudades según DB17

Variable	Obtención de permisos de construcción
Criterio	Índice de control de calidad de la Construcción (0 –15)
Indicadores	
1	Índice de calidad de las normas de construcción (0–2)
2	Índice de control de calidad antes de la construcción (0–1)
3	Índice de control de calidad durante la construcción (0–3)
4	Índice de control de calidad después de la construcción (0–3)
5	Índice de regímenes de responsabilidad y seguros (0–2)
6	Índice de certificaciones profesionales (0–4)
Registro de propiedades	
Variable	Registro de propiedades
Criterio	Índice de calidad de la administración de tierras (0–30)
Indicadores	
1	Índice de fiabilidad de la infraestructura (0–8)
2	Índice de transparencia de la información (0–6)

3	Índice de cobertura geográfica (0–8)
4	Índice de resolución de disputas sobre propiedades (0–8)
<b>Variable</b>	<b>Pago de impuestos</b>
<b>Criterio</b>	<b>Índice posterior a la declaración de Impuestos (0–100)</b>
<b>Indicadores</b>	
1	Tiempo para cumplir con la devolución del IVA (o impuesto sobre bienes y servicios) (0 – 50)
2	Tiempo para obtener la devolución del IVA (o impuesto sobre bienes y servicios) (3,2 – 55)
3	Tiempo que conlleva cumplir con una auditoría relativa al impuesto sobre la renta de las empresas (1,5 – 56)
4	Tiempo para finalizar una auditoría relativa al impuesto sobre la renta de las empresas (0 – 32)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta la clasificación de ciudades colombianas según las facilidades que ofrecen para hacer negocios según Doing Business 2017.

**Tabla 118.** Clasificación de ciudades colombianas Doing Business 2017

<b>Ciudad</b>	<b>Doing Business 2017</b>
Manizales	1
Pereira	2
Bogotá	3
Medellín	4
Montería	5
Cúcuta	6
Valledupar	7
Neiva	8
Quibdó	9
Armenia	10
Villavicencio	11
Sincelejo	12
San Andrés	13
Yopal	14
Barranquilla	15
San José del Guaviare	16
Cartagena	17
Santa Marta	18
Bucaramanga	19
Popayán	20
Arauca	21
Tunja	22
Riohacha	23
Leticia	24
Inírida	25
Ibagué	26
Mitú	27
Puerto Carreño	28
Florencia	29
Cali	30
Pasto	31
Mocoa	32

Fuente: Elaboración propia.



Lo anterior sugiere investigar el efecto de estos nuevos criterios e indicadores en la clasificación de las ciudades, en las respectivas variables, en la estructura de las entradas (*inputs*), tipos y orientación de los modelos. A partir de estas consideraciones, se recomienda evaluar los resultados con otros modelos DEA, diferentes a los utilizados en esta investigación.

## Bibliografía

- [1] «Acerca del proyecto Doing Business - Doing Business». [En línea]. Disponible en: [about:reader?url=http%3A%2F%2Fespanol.doingbusiness.org%2Fabout-us](http://about.reader?url=http%3A%2F%2Fespanol.doingbusiness.org%2Fabout-us). [Accedido: 12-feb-2016].
- [2] «Comparación de economías - Colombia 2010 - Subnational Doing Business - Banco Mundial». [En línea]. Disponible en: <http://espanol.doingbusiness.org/Rankings/colombia/>. [Accedido: 12-feb-2016].
- [3] Chirinos A. y Urdaneta M., Medición de la eficiencia en el sector avícola mediante índices de Malmquist. [En línea]. 2015, 23 de Noviembre. Disponible en <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/agroalimentaria/article/view/1423>
- [4] J. A. Soto y W. Arenas, Análisis envolvente de datos. De la teoría a la práctica. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, 2010. ISBN: 978-958-44-6403-3
- [5] Doing Business, Midiendo Regulaciones para Hacer Negocios. Acerca de Doing Business [En línea]. 2015, 04 de Octubre. Disponible en <http://espanol.doingbusiness.org/about-us>.
- [6] Doing Business, Midiendo Regulaciones para Hacer Negocios. Comparación de economías – Colombia [En línea]. 2015, 04 de Octubre. Disponible en <http://espanol.doingbusiness.org/Rankings/colombia/>
- [7] Doing Business en Colombia 2013. Regulaciones inteligentes para las pequeñas y medianas empresas. [En línea]. 2015, 09 de Noviembre. Disponible en <http://espanol.doingbusiness.org/~media/GIAWB/Doing%20Business/Documents/Subnational-Reports/DB13-Colombia-Spanish.pdf>
- [8] «La promoción de empresas sostenibles - Conferencia Internacional del Trabajo, 96 a. reunión 2007». [En línea]. Disponible en: <http://www.ilo.org/public/spanish/standards/relm/ilc/ilc96/pdf/rep-vi.pdf>. [Accedido: 12-enero-2016].
- [9] A. Charnes. W. Cooper. E. Rhodes “Measuring the efficiency of decision making units”. European Journal of Operational Research. Vol. 2. 1978. pp. 429-444.
- [10] Coll S. Vicente y Blasco M. Olga., Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. [En línea]. 2015, 23 de Noviembre. Disponible en [http://fonseca.vet.br/r\\_online\\_2014/tutoriais/EVALUACION%20DE%20LA%20EFICIENCIA%20MEDIANTE%20EL%20ANALISIS%20ENVOLVENTE%20DE%20DATOS.pdf](http://fonseca.vet.br/r_online_2014/tutoriais/EVALUACION%20DE%20LA%20EFICIENCIA%20MEDIANTE%20EL%20ANALISIS%20ENVOLVENTE%20DE%20DATOS.pdf)
- [11] El Mahgary. S., Lahdelma. R., “Data Envelopment analysis: visualizing the results”. European Journal of operational research. Vol. 85. 1995. pp. 700-701.
- [12] Adler. N., Friedman. L., Sinvaany-Stern. Z., Review of ranking methods in the data envelopment analysis context”. European Journal of operational research. Vol. 140. 2002. pp. 249-265.

- [13] Odeck. J., Alkadi. A., "Evaluating efficiency in the Norwegian bus industry using data envelopment analysis". *Transportation*. Vol. 28. 2001. pp. 211-232.
- [14] User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 6.0).
- [15] W. Cooper. L. Seiford. K. Tone. *Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references*. Ed. Springer. 2006. 353 p.
- [16] P. Andersen. N.C. Petersen. "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis". *Management Science*. Vol. 39. 1993. pp. 1261-1264.
- [17] J. Zhu. "Robustness of the efficient DMUs in data envelopment analysis." *European Journal of operational research*. Vol. 90. 1996. pp. 451-460.
- [18] Tone. K, "A slacks based measure of efficiency in data envelopment analysis". *European Journal of operational research*. Vol. 130. 2001. pp. 498-509.
- [19] Fried. H, Lovell. C.A.K., Schmidt. S.S., Yaisawarng. S., "Accounting for environmental effects and statical noise in data envelopment analysis". *Journal of productivity*. Vol. 17. 2002. pp. 157-174.
- [20] User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 13.0).
- [21] H. De Soto. *The Mystery of Capital: Why Capital Triumphs in the West and Fails Everywhere Else*. New York: Basic Books, 2000
- [22] S. Friedrich. "The Informal Sector in 145 Countries" *Departamento de Economía, Universidad de Linz*, 2005
- [23] R. Martínez *Facilidad para hacer negocios varían entre ciudades colombianas*. New York, Estados Unidos, 2008.
- [24] América Economía Intelligence, *Ranking 2015, las mejores ciudades para hacer negocios en América Latina* [En línea], 2017, 20 de febrero. Disponible en <http://rankings.americaeconomia.com/mejores-ciudades-2015/>
- [25] América Economía Intelligence, *Ranking 2015, las mejores ciudades para hacer negocios en América Latina* [En línea], 2017, 20 de febrer[http://rankings.americaeconomia.com/mejores-ciudades-2015/?page\\_id=19](http://rankings.americaeconomia.com/mejores-ciudades-2015/?page_id=19)
- [26] Banco Mundial, *Doing Business 2016: Measuring regulatory quality and efficiency*. Washington, United States, 2015
- [27] *Economy profile 2016 Colombia*, Explore economies media. [En línea]. 2017, 15 de febrero Disponible en: <http://espanol.doingbusiness.org/data/exploreconomies/~media/giawb/doing%20business/documents/profiles/country/COL.pdf>
- [28] *Revista Dinero*, Redacción, *Lo bueno y lo malo de Colombia en el Doing Business 2016*. K [En línea] 2017, 13 de febrero. Disponible en

<http://www.dinero.com/actualidad/articulo/resultados-colombia-facilidad-para-hacernegocios-segun-doing-business-2016/215268>.

[29] <http://espanol.doingbusiness.org/?/media/WBG/Documents/Annual-reports/English/DB2018-Full-Rep.pdf>

[30] Gustavo Ferro, Carlos A. Romero. Comparación de medidas de cambio de productividad. Las aproximaciones de Malmquist y Luenberger en una aplicación al mercado de seguros.. 2011. <hal-00597946>

[31] Banco Mundial, 2017. Doing Business en Colombia 2017. Washington, D.C.: Grupo del Banco Mundial. Licencia Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO. Esta es una adaptación de un volumen original del Banco Mundial. Los puntos de vista y las opiniones expresadas en la adaptación son responsabilidad única del autor o de los autores de la adaptación y no han sido aprobados por el Banco Mundial.

## Anexo 1. Análisis de artículos

### 1. Análisis Envolvente de Datos - DEA: Una aplicación al sector de telecomunicaciones de países de medianos ingresos.

**Autores:** Londoño Sierra, Liz Jeanneth; Giraldo Pérez, Yudy Elena.

**Fuente:** Ecos de Economía, vol. 13, núm. 28, abril-, 2009, pp. 53-73. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.

**Objetivo:** Presentar la técnica no paramétrica DEA mediante el desarrollo del modelo de rendimientos constantes a escala DEA - CCR y el de rendimientos variables a escala DEA - BCC.

**Resumen:** El artículo se presenta la técnica no paramétrica DEA mediante el desarrollo el modelo de rendimientos constantes a escala DEA – CCR y el de rendimientos variables a escala DEA – BCC. Esto con el fin de presentar la aplicación de dicha técnica al sector de telecomunicaciones para los países de medianos ingresos.

**Tabla 1.1 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el artículo	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
Se presenta una aplicación de DEA al sector de telecomunicaciones en países de medianos ingresos, tomando inicialmente 50 economías (DMUs) de acuerdo con el ITU en el <i>World Telecommunication Indicators Database</i> (novena edición de 2005).	Se utiliza DEA para obtener un <i>ranking</i> de 23 ciudades colombianas con respecto a la facilidad que presentan para hacer negocios y contrastar los resultados con la clasificación dada por la metodología <i>Doing Business</i> .
Se define una (1) variable de entrada, los ingresos totales de todos los servicios de telecomunicaciones, y tres (3) variables de salida: las líneas telefónicas principales en funcionamiento, el personal total a tiempo completo empleado por operadores de redes de telecomunicación para el país y la inversión anual para adquirir bienes y equipos.	Se definen los mismos parámetros utilizados por <i>Doing Business</i> : apertura de un negocio, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos. En los cuales se definen las variables número de procedimientos, tiempo, costo, número de pagos, tasa total de impuestos, consideradas como entradas y se define una única salida virtual normalizada en 100 para poder establecer el <i>ranking</i> .
Se identifican los datos <i>outlier</i> utilizando la metodología propuesta por Banker y Gifford (1988), quienes sugieren eliminar un cierto porcentaje del conjunto de observaciones eficientes de la muestra y reestimar la frontera de producción con las observaciones restantes. Para identificar aquellas observaciones que están probablemente más contaminadas con ruido se basan en los puntajes de supereficiencia mayores a dos, eliminando seis DMUs. Finalmente, se elimina de la muestra a Maldivas por presentar un nivel de eficiencia igual a cero. Dado lo anterior, el análisis de eficiencia relativa para el sector de telecomunicaciones se realizó con 43 países. Se presentan los resultados de las eficiencias relativas de los 43 países con los modelos DEA-	No se elimina ninguna ciudad o DMU de la muestra puesto que se pretende comparar las metodologías <i>Doing Business</i> y DEA. Solamente se elimina la variable requisitos de capital mínimo pagado, constitutiva del parámetro apertura de un negocio, por carecer de información relevante para la totalidad de ciudades estudiadas. El modelo de supereficiencia se utiliza para clasificar las ciudades que obtuvieron una eficiencia del 100 % en los modelos DEA-CCR-I y DEA-BCC-I.
	Se realiza el análisis comparativo de los resultados de la clasificación dada con la metodología <i>Doing Business</i> y DEA.

CCR-I y DEA-BCC-I, basándose las conclusiones en torno al indicador de eficiencia exclusivamente.	Se utiliza el modelo del índice de productividad de Malmquist para comparar la evolución de la eficiencia en la facilidad de hacer negocios de las ciudades colombianas en el periodo 2010 y 2013.
---	--

**Criterio de búsqueda:**

Google: Artículos de análisis envolvente de datos DEA

file:///C:/Users/hp01/AppData/Roaming/Mozilla/Firefox/Profiles/qhs8j4nf.default/zotero/storage/STSMEB95/329027278002.pdf

## 2. Doing Business en Colombia. Comparando la Regulación en 21 ciudades y 183 Economías.

**Autores:** Publicación conjunta del Banco Mundial y la Corporación Financiera Internacional.

**Objetivo:** Establecer, a partir de la comparación de 21 ciudades, una medición cuantitativa (frontera) a partir de las regulaciones sobre apertura de una empresa, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades, pago de impuestos, comercio transfronterizo y cumplimiento de contratos.

**Resumen:** *Doing Business* mide la forma en la cual las regulaciones gubernamentales fomentan la actividad empresarial o la restringen. Las ciudades y departamentos incluidos en *Doing Business* en Colombia 2010 fueron seleccionados conjuntamente con el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y son las siguientes: Armenia (Quindío), Barranquilla (Atlántico), Bogotá (Distrito Capital), Bucaramanga (Santander), Cali (Valle del Cauca), Cartagena (Bolívar), Cúcuta (Norte de Santander), Ibagué (Tolima), Manizales (Caldas), Medellín (Antioquia), Montería (Córdoba), Neiva (Huila), Pasto (Nariño), Pereira (Risaralda), Popayán (Cauca), Riohacha (La Guajira), Santa Marta (Magdalena), Sincelejo (Sucre), Tunja (Boyacá), Valledupar (Cesar), Villavicencio (Meta).

Se analizan a nivel subnacional las regulaciones que afectan seis etapas de la vida de una empresa: apertura de una empresa, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades, pago de impuestos, comercio transfronterizo y cumplimiento de contratos. Los indicadores fueron seleccionados debido a que cubren áreas de competencia o práctica local. De acuerdo con lo expuesto, algunos de los indicadores de *Doing Business* proporcionan mejores clasificaciones si la regulación es más rigurosa, por ejemplo, en establecer requisitos para la divulgación de conflictos de interés en transacciones entre partes relacionadas. Otros indicadores premian con mejores puestos a aquellas ciudades que tengan procedimientos simplificados para aplicar la regulación existente.

*Doing Business en Colombia* abarca dos tipos de datos. El primero proviene de la revisión de las leyes y regulaciones. El segundo consiste en indicadores de tiempo y movimiento que miden la eficiencia en cumplir requisitos legales. Respecto a los indicadores de tiempo y movimiento, las estimaciones del costo proceden de las tablas de tarifas oficiales en los casos en que sean aplicables.

**Tabla 1.2 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
<b>Datos.</b> Los datos se basan en las leyes y regulaciones nacionales, departamentales y municipales, así como en los requisitos administrativos.	La información obtenida del documento es fundamental para contextualizar el proyecto (comprensión y análisis crítico de la metodología <i>Doing Business</i> ), y su contrastación con el Análisis Envolvente de Datos (DEA), la cual proporciona

<p><b>Variable 1: Apertura de una empresa (negocio). Criterios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Procedimientos (número)</li> <li>✓ Tiempo (días)</li> <li>✓ Costo (% ingreso per cápita)</li> </ul> <p><b>Variable 2: Obtención de permisos de construcción. Criterios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Procedimientos (número)</li> <li>✓ Tiempo (días)</li> <li>✓ Costo (% ingreso per cápita)</li> </ul> <p><b>Variable 3: registro de propiedades. Criterios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Procedimientos (número)</li> <li>✓ Tiempo (días)</li> <li>✓ Costo (% del valor de la propiedad)</li> </ul> <p><b>Variable 4: pago de impuestos. Criterios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pagos (número)</li> <li>✓ Tiempo (horas)</li> <li>✓ Tasa total de impuestos (% de ganancia)</li> </ul> <p><b>Metodología</b></p> <p><b>Etapas.</b> El análisis de cada uno de los criterios considerados para cada una de las variables, comienza con el cálculo del rango percentil para cada criterio (posición relativa de un valor en un conjunto de datos; es decir, cada una de las ciudades respecto del conjunto de 23 ciudades). <b>Etapas.</b> A partir del rango percentil de los diferentes criterios considerados se estima la frontera para cada variable (promedio de los rangos percentiles de los criterios considerados para esta).</p> <p><b>Etapas.</b> Clasificación de las 23 ciudades según cada una de las variables analizadas, a partir del ordenamiento o jerarquización de los valores estimados como frontera para las 23 ciudades.</p> <p><b>Etapas.</b> Para la clasificación de las 23 ciudades respecto de las cuatro variables consideradas, <i>Doing Business</i> jerarquiza u ordena el percentil promedio estimado para cada ciudad a partir de los percentiles de las cuatro variables.</p>	<p>una metodología para la medición de la eficiencia relativa de una unidad tomadora de decisión DMU, basándose en la información del aprovechamiento de sus recursos (<i>inputs</i>) para producir sus resultados (<i>outputs</i>). Si se consideran las 23 ciudades colombianas como DMU, las cuatro variables en las cuales se basa la clasificación obtenida a partir de la metodología <i>Doing Business</i> como sus entradas (<i>inputs</i>) y se establece una salida (<i>output</i>), se obtendrá la clasificación de la facilidad para hacer negocios en las 23 ciudades colombianas.</p> <p>Durante el análisis de la metodología <i>Doing Business</i>, se identifican los siguientes aspectos:</p> <p><b>Observación 1:</b> La metodología <i>Doing Business</i> asigna el mismo peso a los diferentes criterios considerados para estimar la frontera para cada una de las cuatro variables.</p> <p><b>Observación 2:</b> La metodología <i>Doing Business</i> asigna el mismo peso a cada una de las cuatro variables, al momento de estimar la frontera para cada una de las 23 ciudades.</p> <p>Ambos aspectos pueden ser tratados de manera más objetiva a través de la metodología DEA.</p>
--	--

**Fuente:** Banco Mundial y la Corporación Financiera Internacional.  
<http://espanol.doingbusiness.org/data/exploreeconomies/colombia?topic=getting-credit>

### 3. Modelo Logit Multinomial aplicado a la metodología de Doing Business

**Autores:** Gómez Mejía, Alberto.

**Objetivo:** El objetivo principal de este trabajo es medir la incidencia que tienen los “criterios facilitadores de empresa” de *Doing Business* en los niveles de crecimiento económico colombiano y

de otros países de diferente nivel de desarrollo, mediante la aplicación de modelos de variable dependiente cualitativa tales como *Logit* y *Probit Multinomial*.

**Resumen:** La aplicación de modelos *Logit Multinomiales* corrobora en forma técnica la existencia de una relación directa entre los estímulos a la apertura de empresas y el nivel de ingreso *per cápita*. Los indicadores de las regresiones muestran que los criterios seleccionados por la metodología de *Doing Business* explican cómo, cuando un país implementa estos criterios, incrementa las posibilidades de pasar a un nivel de ingreso *per cápita* superior, lo cual implica mayor crecimiento económico y potencial desarrollo económico.

**Tabla 1.3 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
El modelo Logit permite medir la probabilidad que tiene un país de alcanzar cierto nivel de ingreso per cápita una vez implemente diferentes grados de liberalización empresarial. El modelo se construyó con las estadísticas de 183 países registrados en la base de datos de Doing Business 2010 y del Banco Mundial. Como variable dependiente se definió el nivel de ingreso per cápita de los 183 países (ingreso alto, medio alto, medio bajo y bajo).	<p>La revisión de este artículo abre nuevas expectativas para la investigación, considerando aspectos como:</p> <p>La aplicación del modelo <i>Logit Multinomial</i> demuestra la existencia de una relación directa entre los estímulos a la apertura de empresas y el nivel de ingreso per cápita para los 183 países que conforman la muestra. Los indicadores de las regresiones confirman la validez de los criterios seleccionados por la metodología de <i>Doing Business</i>, además de permitir robustecer los resultados obtenidos de la comparación una vez aplicada La metodología del Análisis Envolvente de Datos (DEA).</p> <p>El análisis de los resultados del <i>Logit</i> puede utilizarse para establecer los factores significativos ordenados según el grado de significancia estadística.</p> <p>Adicionalmente la información obtenida referente la metodología <i>Doing Business</i> es fundamental para el alcance de los objetivos de esta investigación, además del aporte de información esencial para contextualizar el proyecto.</p>

**Fuente:** Revista *Entramado*. Vol.7 No. 1, 2011 (Enero - Junio). Universidad Libre, Cali – Colombia.

#### 4. Metodología: Medición de las 10 libertades económicas.

**Autores:** Beach, William W., y Kane, Tim.

**Objetivo:** Definir un método para evaluar y clasificar países como Hong Kong y Corea del Norte con base diez libertades de naturaleza internacional que miden el alcance de la apertura de una economía en particular hacia la inversión o el comercio internacional.

**Resumen:** El índice utiliza 10 libertades específicas, algunas como compuestos de otros componentes cuantificables y detallados en forma más exhaustiva. A continuación, se presenta cada una de estas.



- ✓ Libertad comercial es la capacidad de crear, operar y cerrar una empresa en forma rápida y fácil. Las normas regulatorias onerosas y redundantes constituyen las barreras más perjudiciales para la libertad comercial (aspecto de interés para esta investigación, dado que la metodología para su estimación está basada en la metodología *Doing Business*, la cual data de 2006).
- ✓ Libertad de comercio internacional es una medida compuesta por la ausencia de las barreras arancelarias y no arancelarias que afectan a las importaciones y exportaciones de bienes y servicios.
- ✓ Libertad fiscal es una medida de la carga del Gobierno desde el punto de vista de los ingresos. Aquí se incluyen tanto la carga impositiva en términos de tasa impositiva máxima sobre los ingresos (personales y corporativos en forma separada) y el monto total de los ingresos fiscales como porción del producto bruto interno (PBI).
- ✓ Tamaño del sector estatal incluye todo el gasto gubernamental, incluido el consumo y las transferencias. Teóricamente, el estado proveerá solo los bienes públicos verdaderos, con un mínimo de gasto absoluto.
- ✓ Libertad monetaria combina una medida de estabilidad de precios con una evaluación de los controles de precio. Tanto la inflación como los controles de precio distorsionan la actividad del mercado. La estabilidad de precios sin intervenciones microeconómicas es el estado ideal para el libre mercado.
- ✓ Libertad de inversión es la evaluación del libre flujo de capital, en especial, del capital extranjero.
- ✓ Libertad financiera es una medida relacionada con la seguridad bancaria así como también con la independencia del control gubernamental. La propiedad estatal de los bancos y otras instituciones financieras, tales como los mercados de capital y aseguradores, es una carga ineficiente y el favoritismo político no tiene lugar en un libre mercado de capitales.
- ✓ Los derechos de propiedad conforman la evaluación de la capacidad de las personas de acumular propiedad privada, asegurados por leyes claras que el estado hace cumplir en su totalidad.
- ✓ Libertad frente a la corrupción se basa en información cuantitativa que evalúa la percepción de la corrupción en el entorno empresarial e incluye niveles de corrupción legal, judicial y administrativa.
- ✓ Libertad laboral es una medida compuesta de la capacidad de los trabajadores y las empresas de interactuar sin restricción por parte del Estado.

**Ponderación equitativa.** En el índice de libertad económica los 10 factores son ponderados de manera equitativa a fin de no alterar el puntaje general hacia ningún factor o dirección política. Es un enfoque basado en el sentido común, el cual concuerda con el objetivo del Índice: reflejar el entorno económico balanceado de cada país encuestado. El Índice, por lo tanto, ofrece una simple combinación con base en un promedio de 10 libertades.

**La escala de calificación.** Cada una de las 10 libertades se califica mediante una escala de 0 a 100, en donde 100 representa el puntaje de máxima libertad. Un puntaje de 100 significa un entorno

económico o un compendio de políticas más propicio para una libertad económica. La escala de calificación es continua. La mayoría de las 10 libertades utilizan datos cuantitativos que se transforman directamente en un puntaje. En el caso de comercio internacional, un país cuyas barreras no arancelarias y tarifas son inexistentes tendrá un puntaje de 100 en libertad de comercio internacional. Este puntaje se describe a menudo mediante un porcentaje.

Para esta investigación en particular resulta de especial interés la Libertad N° 1: Libertad comercial, entendida esta, como una medida cuantitativa de la capacidad para establecer, operar y cerrar una empresa que representa la carga general como también la eficiencia de las regulaciones gubernamentales. Las regulaciones son una forma de tributación que dificulta la creación de valor para los empresarios.

A pesar de que muchas regulaciones obstaculizan las actividades comerciales, las más importantes están relacionadas con la concesión de licencias a las nuevas compañías y a las nuevas actividades comerciales. En algunos países y en muchos estados de Estados Unidos, los trámites para obtener una licencia comercial pueden ser tan simples como enviar un formulario de inscripción por correo a un mínimo costo. En Hong Kong, por ejemplo, para obtener una licencia comercial, se debe completar un solo formulario y el proceso puede concluirse en unas pocas horas. En otros países, como India y partes de América del Sur, para obtener una licencia comercial, se debe acudir innumerables veces a distintas entidades gubernamentales y el proceso se puede prolongar durante un año o más.

Una vez que se abre un comercio, las regulaciones gubernamentales no siempre disminuyen; en algunos casos, aumentan. Resulta interesante que 2 países con el mismo conjunto de regulaciones impongan diferentes cargas regulatorias. Si un país, por ejemplo, aplica las regulaciones de manera uniforme y transparente, disminuye la carga regulatoria ya que les posibilita a las empresas realizar planes a largo plazo más fácilmente. Si el otro país aplica las regulaciones de manera inconsistente, aumenta la carga regulatoria al crear un ámbito comercial impredecible. Por último, las regulaciones que dificultan y encarecen el cierre de empresas actúan como obstáculos para los empresarios a la hora de establecerlas, en primer lugar.

**Tabla 1.4 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
<p><b>Metodología.</b> El puntaje de libertad comercial para cada país es un número entre 0 y 100 por ciento, en donde 100 equivale al entorno comercial más libre. El puntaje se basa en 10 componentes, todos ponderados de igual forma, según los datos objetivos obtenidos del estudio <i>Doing Business</i> del Banco Mundial:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Establecimiento de una empresa: procedimientos (número)</li> <li>2 Establecimiento de una empresa: tiempo (días)</li> <li>3 Establecimiento de una empresa: costo (porcentaje del ingreso per cápita)</li> <li>4 Establecimiento de una empresa: capital mínimo (porcentaje del ingreso per cápita)</li> <li>5 Obtención de una licencia comercial: procedimientos (número)</li> <li>6 Obtención de una licencia comercial: tiempo</li> </ol>	<p>La metodología del Análisis Envolvente de Datos (DEA), la cual proporciona una metodología para la medición de la eficiencia relativa de una unidad tomadora de decisión DMU, basándose en la información del aprovechamiento de sus recursos (<i>inputs</i>) para producir sus resultados (<i>outputs</i>), permite el tratamiento más objetivo de la situación que se describe a continuación:</p> <p>Cada uno de los 10 componentes sin procesar se convierte a una escala de 0 a 100 y después de esta operación se computa el promedio de los valores convertidos. El resultado representa el puntaje de libertad comercial del país. Por ejemplo, aunque un país exija la cantidad más alta de procedimientos para establecer una empresa, lo que representa un puntaje igual a cero para ese componente, aún puede recibir un puntaje tan alto como 90 basado en</p>

(días) 7 Obtención de una licencia comercial: costo (porcentaje del ingreso per cápita) 8 Cierre de una empresa: tiempo (años) 9 Cierre de una empresa: costo (porcentaje de la propiedad) 10 Cierre de una empresa: tasa de recuperación (centavos de dólar)  Cada componente se convierte a una escala de 100 por ciento utilizando la siguiente ecuación:  Se basa en la proporción de los datos del país para cada componente en relación al promedio mundial, multiplicado por 50. Por ejemplo, en promedio a nivel mundial, existen 18,89 procedimientos para crear una empresa. Los 14 procedimientos exigidos en Noruega corresponden a un valor del componente mejor que el promedio, lo que resulta en una proporción de 1,349. Esa proporción multiplicada por 50 equivale al puntaje del componente final de 67,46 por ciento. Un país promedio recibirá un puntaje de 50 por ciento para el componente, mientras que el puntaje del componente máximo de un país está limitado a 100 por ciento.	los puntajes de los otros nueve componentes.  Adicionalmente la información obtenida referente al concepto y la medición de: libertad económica, libertad comercial y la metodología para su estimación es fundamental para el alcance de los objetivos de esta investigación, además del aporte de información esencial para contextualizar el proyecto.
---	---

**Fuente:** *Índice de Libertad Económica*, 2008, Capítulo 4.

## 5. Análisis Envolvente de Datos: Una aplicación al sector de los servicios avanzados a las empresas del principado de Asturias.

**Autores:** Quindós Morán, M<sup>a</sup> del Pilar; Rubiera Morollón, Fernando; Vicente Cuervo, María Rosalía.

**Objetivo:** Analizar, a través del Análisis Envolvente de Datos, la eficiencia técnica del sector de los servicios avanzados a las empresas en Asturias.

**Resumen:** En el trabajo se analiza, a través de este método, la eficiencia técnica del sector de los servicios avanzados a las empresas en Asturias; ya que se trata de un conjunto de actividades de importante influencia sobre el desarrollo regional por las interrelaciones sectoriales que crean, así como por los efectos que generan para las empresas que los contratan.

Se pueden definir los servicios avanzados a las empresas como el conjunto de actividades terciarias reales destinadas a la venta como consumos intermedios de otras empresas y que se caracterizan por los altos requerimientos de capital humano y tecnología que precisan, así como por su elevada aportación al incremento de la productividad, eficiencia y competitividad de las empresas que las consumen, adaptándolas a los cambios tecnológicos, de gestión y organización operados en las modernas economías. De acuerdo con esta definición se pueden considerar como servicios avanzados a las actividades de informática y nuevas tecnologías de la información, asesoría y gestión empresarial avanzada, recursos humanos, diseño, publicidad y comunicación, e ingeniería, consultoría técnica avanzada y servicios medioambientales.

En un análisis DEA se realizan dos procesos simultáneamente mediante el uso de algoritmos de programación lineal: la obtención de la frontera eficiente y la estimación de la ineficiencia. La obtención de la frontera eficiente se calcula maximizando el *output* dado el nivel de *inputs* si se utiliza orientación *output* y minimizando el *input* dado el nivel de *outputs* si se utiliza orientación *input*. La estimación de la ineficiencia depende de la orientación utilizada y se calcula como la distancia a la frontera de cada empresa evaluada, comparándose cada empresa con otra tecnológicamente similar.

**Tabla 1.5 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
<p>La aplicación del método DEA, modelo BCC, se ha realizado considerando un <i>output</i> (la facturación de cada empresa medida en euros) y cuatro <i>inputs</i> (el número de empleados con titulación superior y el número de empleados sin titulación superior, la inversión realizada en la captación de nuevos clientes y la inversión llevada a cabo en acciones de mejora de calidad, ambas medidas en euros). Los datos proceden de una base de elaboración propia para el sector de los servicios avanzados a las empresas en el Principado de Asturias, habiéndose utilizado así una muestra final de 111 empresas.</p> <p>El estudio de la eficiencia en este sector se ha realizado en dos etapas. En primer lugar, se ha realizado un estudio agregado, considerando todas las empresas pertenecientes al sector de los servicios avanzados comparándose entre sí de modo global, y, posteriormente, se ha dividido la muestra en cinco grupos para la realización del análisis de eficiencia por ramas, comparando cada empresa solo con las de su rama, con la intención de poder recoger las diferentes características que presenta cada rama (este aspecto llama la atención a la hora de la clasificación de las 23 ciudades colombianas). Al realizar el estudio por ramas, en el que las empresas de cada rama se comparan entre sí y no con respecto al total, es preciso tener en cuenta que al dividirse el sector en sus ramas disminuye el número de empresas consideradas en dicho análisis, lo que conlleva un aumento del nivel de eficiencia debido a la metodología utilizada. Sin embargo en el análisis desagregado tales ramas presentan las menores eficiencias medias; lo cual podría explicarse debido a la existencia de una alta polarización de la eficiencia interna en estas ramas, lo que supone que existen firmas muy eficientes que conviven con una generalidad que no lo es tanto.</p>	<p>Se utiliza DEA para obtener un <i>ranking</i> de 23 ciudades colombianas con respecto a la facilidad que presentan para hacer negocios y contrastar los resultados con la clasificación dada por la metodología <i>Doing Business</i>.</p> <p>Se definen los mismos parámetros utilizados por <i>Doing Business</i>: apertura de un negocio, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos. En los cuales se definen las variables número de procedimientos, tiempo, costo, número de pagos, tasa total de impuestos, consideradas como entradas y se define una única salida virtual normalizada en 100 para poder establecer el <i>ranking</i>.</p> <p>No se elimina ninguna ciudad o DMU de la muestra puesto que se pretende comparar las metodologías <i>Doing Business</i> y DEA. Solamente se elimina la variable requisitos de capital mínimo pagado, constitutiva del parámetro apertura de un negocio, por carecer de información relevante para la totalidad de ciudades estudiadas. El modelo de supereficiencia se utiliza para clasificar las ciudades que obtuvieron una eficiencia del 100% en los modelos DEA-CCR-I y DEA-BCC-I.</p> <p>Se utiliza el modelo del índice de productividad de <i>Malmquist</i> para comparar la evolución de la eficiencia en la facilidad de hacer negocios de las ciudades colombianas en el periodo 2010 y 2013.</p>

**Fuente:** Google: Artículos de análisis envolvente de datos DEA. <https://www.uv.es/asepuma/XI/21.pdf>

## 6. Comparación de ranking de eficiencia mediante análisis de componentes principales y DEA.

**Autores:** Faura Martínez, Úrsula; Gómez Gallego, Juan Cándido; Pérez Cárceles, María Concepción; Gómez García, Juan.

**Objetivo:** Presentar una comparación de las clasificaciones de un conjunto de DMUs, correspondientes al sector de cajas de ahorro en España en los periodos 2002 – 2007, con el método de análisis envolvente de datos y el método de análisis de componentes principales ACP.

**Resumen:** Aplicando el análisis Envolvente de Datos (DEA) y el método de análisis de Componentes Principales (ACP) se comparan las clasificaciones de un conjunto de unidades productivas (DMUs), de acuerdo con sus medidas de eficiencia. Se contrastan las condiciones de aplicación y la consistencia entre las diferentes clasificaciones. Los datos corresponden al sector de Cajas de Ahorros de España: 2002-2007. El ranking de DMUs obtenido mediante la aplicación de ACP, es válido y fiable respecto al resultante con el análisis de supereficiencia y además evita el problema de infactibilidad que puede presentarse en la aplicación del DEA.

**Tabla 1.6 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
Se presenta una aplicación de DEA-BCC-O <i>output</i> orientado para la clasificación de 43 entidades de crédito, cajas de ahorro del sistema bancario español.	Se utilizan los modelos DEA-CCR-I, DEA-BCC-I, y el modelo de supereficiencia para obtener un <i>ranking</i> de 23 ciudades colombianas con respecto a la facilidad que presentan para hacer negocios.
Se definen tres (3) variables de entrada, el número de empleados, depósitos y activos materiales, y dos (2) variables de salida: los créditos y los valores de cartera.	Se definen los mismos parámetros utilizados por la metodología <i>Doing Business</i> , enunciados anteriormente, y se define una única salida virtual normalizada en 100 para poder establecer el <i>ranking</i> .
Se presentan los resultados de las eficiencias relativas de los 43 DMUs con el modelo DEA-BCC-O, y se utiliza el modelo de supereficiencia para establecer el <i>ranking</i> entre ellas. Se utiliza el método de análisis de componentes principales ACP para la obtención de un <i>ranking</i> de DMUs y se determina de qué manera puede complementarse con la técnica de DEA y el modelo de supereficiencia.	Se comparan los resultados de la clasificación dada con la metodología <i>Doing Business</i> y DEA. Finalmente, se compara la eficiencia en los periodos 2010 y 2013 mediante el modelo del índice de productividad de <i>Malmquist</i> .

**Fuente:** Artículos de análisis envolvente de datos DEA. file:///C:/Users/hp-01/AppData/Roaming/Mozilla/Firefox/Profiles/qhs8j4nf.default/zotero/storage/BTUQ2ZH3/Satellite.pdf

## 7. Medición de la eficiencia en el sector avícola mediante índices de Malmquist.

**Autores:** Chirinos González, Alira; Urdaneta, Mary.

**Objetivo:** Presentar un análisis de la eficiencia del sector avícola en la fase de engorde de pollos, en el estado de Zulia Venezuela, mediante la aplicación de los modelos de análisis envolvente de datos DEA y el índice de *Malmquist*.

**Resumen:** El objetivo de este trabajo fue analizar la eficiencia del sector avícola en la fase de engorde de pollos. Esto se realizó mediante la aplicación de los modelos de análisis envolvente de datos (DEA) propuestos por Charnes et al. (1978) y Banker et al. (1984), el Índice de Malmquist (Caves; Christensen y Diewert, 1982) y su descomposición propuesta por Färe et al. (1994), Simar y Wilson (1998) y Zofio y Novell (1998). Se tomaron los datos correspondientes a dos períodos de cinco granjas asociadas a una de las integraciones avícolas más importantes del estado Zulia (Venezuela). Los resultados señalan que una de las granjas resalta por ser la más eficiente durante los dos períodos estudiados y que la mayoría de las granjas incrementaron su eficiencia de un período a otro, debido principalmente al acercamiento al nivel de escala óptimo de producción y al progreso tecnológico. La utilización de estas herramientas reveló su utilidad para la evaluación de la eficiencia en este sector, aún más útiles si se analizan las causas de las ineficiencias y se toman las medidas correctivas a tiempo.

**Tabla 1.7 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
Se presenta una aplicación en cinco (5) granjas avícolas más representativas del estado de Zulia Venezuela, tomando como único <i>input</i> los kilogramos de alimento consumidos y como único <i>output</i> los kilogramos de pollo producidos.	Se definen los mismos <i>inputs</i> utilizados por la metodología <i>Doing Business</i> y se define una única salida virtual normalizada en 100 para poder establecer un <i>ranking</i> .
Inicialmente se analizan los modelos básicos DEA-CCR-I y DEA-BCC-I.	Se utilizan los modelos básicos DEA-CCR-I, DEA-BCC-I, y el modelo de supereficiencia para obtener un <i>ranking</i> de 23 ciudades colombianas con respecto a la facilidad que presentan para hacer negocios.
Se determinó el índice de Malmquist en dos periodos de tiempo y se realizó la descomposición de este índice en los índices de eficiencia pura y eficiencia de escala.	Finalmente, se compara la eficiencia en los periodos 2010 y 2013 mediante el modelo del índice de productividad de <i>Malmquist</i> , analizando los índices de eficiencia de escala y eficiencia pura.

**Fuente:** Revista *Agroalimentaria*, N° 25, Julio-Diciembre, 2007, pp. 95-107.

## 8. Clasificación de Escenarios de Producción Alternativa utilizando el Análisis de Supereficiencia DEA.

**Autores:** S. Sofianopoulou

**Objetivo:** Ilustrar cómo la DEA ha sido utilizada para evaluar doce diferentes configuraciones celulares de fabricación en una empresa manufacturera griega.

**Resumen:** En este estudio, una empresa de productos de consumo masivo fue seleccionada para implementar técnicas de optimización en sus procesos de producción y evaluar la eficiencia de los cambios potenciales, así como registrar los problemas y las dificultades que se presenten en dicho caso. Los resultados indicaron que más de uno de estos escenarios pueden ser eficaces. Un análisis adicional para la clasificación de esos escenarios se llevó a cabo utilizando el modelo de supereficiencia. De acuerdo con los resultados de este estudio, nueve de los escenarios propuestos son altamente eficientes y por lo tanto significativos y por consiguiente se pueden lograr mejoras en el rendimiento del sistema sin cambiar sus parámetros básicos de producción.

**Tabla 1.8 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
<p>DEA emplea técnicas matemáticas de programación para evaluar la eficiencia de unidades de toma de decisiones homogéneas (DMU). La eficiencia se traduce como la proporción de la suma de los resultados con la proporción de la suma de las entradas. En nuestro caso de prueba, el punto principal del análisis reside en un mejor diseño de fabricación celular virtual para cada diseño. Si el diseño virtual es mejor que el dado en términos de obtener más resultados con la misma entrada o menos entrada para los mismos resultados, entonces la disposición dada es considerada ineficiente.</p> <p>En el trabajo, se evalúa la eficiencia de 12 configuraciones celulares alternativas de fabricación. Estos 12 diseños fueron creados variando: a) el número de tipos de máquina utilizados b) el máximo número de máquinas permitidas por célula y c) el volumen de producción.</p> <p>El modelo CCR divide las DMUs en ineficientes y eficientes. Sin embargo, como todas las DMUs eficientes tienen un resultado de eficiencia de 1, no es posible calificar DMUs eficientes. Anderson y Peterson propusieron el método de clasificación de supereficiencia para las DMUs eficientes. El modelo de supereficiencia es un modelo DEA en el que una DMU bajo evaluación es excluida del conjunto de referencia. Esto permite que una DMU pueda moverse por encima del límite de eficiencia, para convertirse en supereiciente. Por lo tanto, DMUs eficientes toman un resultado supereiciente con cualquier valor mayor o igual a 1. Este procedimiento produce una clasificación de eficiencia DMUs donde cuanto mayor sea el valor, mayor será el rango, mientras que los resultados de DMUs ineficientes siguen siendo los mismos que en los modelos clásicos de DEA. El modelo de supereficiencia se empleó para DMUs eficientes.</p>	<p>Se propone utilizar DEA para obtener un <i>ranking</i> de 23 ciudades colombianas con respecto a la facilidad que presentan para hacer negocios y contrastar los resultados con la clasificación dada por la metodología <i>Doing Business</i>.</p> <p>Se utilizan los mismos parámetros utilizados por <i>Doing Business</i>: apertura de un negocio, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos. En los cuales se definen las variables número de procedimientos, tiempo, costo, número de pagos, tasa total de impuestos, consideradas como entradas y se define una única salida virtual normalizada en 100 para poder establecer el <i>ranking</i>.</p> <p>No se elimina ninguna DMU (ciudad) de la muestra puesto que se pretende comparar las metodologías <i>Doing Business</i> y DEA.</p> <p>Se elimina la variable requisitos de capital mínimo pagado, constitutiva del parámetro apertura de un negocio, por carecer de información relevante para la totalidad de ciudades estudiadas. El modelo de supereficiencia se utiliza para reclasificar las ciudades que obtuvieron una eficiencia del 100% en los modelos DEA-CCR-I y DEA-BCC-I. Este último aspecto se valida con la aplicación del modelo de supereficiencia en el presente artículo.</p>

**Fuente:** ScienceDirect: Artículos de análisis envolvente de datos DEA y modelos de supereficiencia. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0096300306007387>

## 9. A super-efficiency model for ranking efficient units in data envelopment analysis.

**Autores:** Hanling Li; G.R. Jahanshahloo; M. Khodabakhshi.

**Objetivo:** Proponer un modelo de supereficiencia para clasificar las unidades eficientes que se identifican con el modelo DEA-CCR. Dicho modelo elimina los inconvenientes de infactibilidad y



estabilidad de los modelos de supereficiencia desarrollados anteriormente por Andersen, Petersen y Mehrabian

**Resumen:** En las últimas décadas la clasificación de unidades DEA eficientes se ha convertido en el interés de muchos investigadores del DEA y una gran variedad de modelos, llamados de supereficiencia, fueron desarrollados para clasificar unidades DEA eficientes. Si bien, los modelos desarrollados en el pasado son interesantes y significativos, ocasionalmente tienen las desventajas de ser no factibles o inestables. En la investigación se propone el modelo de supereficiencia LJK, el cual es factible y estable, eliminando los inconvenientes de los modelos desarrollados por Andersen y Petersen SDEA, Mehrabian MAJ y Tono SBM. También se presentan resultados tanto teóricos como numéricos para ilustrar las contribuciones de este trabajo.

**Tabla 1.9 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
Se establece una breve revisión de la literatura de los modelos de supereficiencia.	Se utilizan los modelos básicos DEA-CCR-I, DEA-BCC-I para obtener la eficiencia relativa de 23 ciudades colombianas con respecto a la facilidad que presentan para hacer negocios.
Se propone el modelo de supereficiencia LJK desarrollado por los autores (Li, Jahanshahloo y Khodabakhshi) presentando sus resultados analíticos.	Se utiliza el modelo de supereficiencia SDEA para clasificar las unidades DEA eficientes, analizando los posibles problemas de infactibilidad.
El modelo LJK propuesto se compara con los modelos de supereficiencia desarrollados por Andersen y Petersen SDEA, Mehrabian MAJ y Tono SBM por medio de ejemplos numéricos.	Se comparan los resultados de la clasificación dada con la metodología <i>Doing Business</i> y el modelo de supereficiencia SDEA.
	Se compara la eficiencia en los periodos 2010 y 2013 mediante el modelo del índice de productividad de Malmquist.

**Fuente:** ScienceDirect: Artículos de análisis envolvente de datos DEA y modelos de supereficiencia. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009630030600738>

## 10. Eficiencia en las instituciones de educación superior públicas colombianas: una aplicación del análisis envolvente de datos.

**Autores:** Visbal-Cadavid, Delimiro; Mendoza Mendoza, Adel; Causado Rodríguez, Edwin.

**Fuente:** Civilizar Ciencias Sociales y Humanas, vol. 16, núm. 30, enero-, 2016, pp. 105-118. ISSN 1657-8953.

**Objetivo:** Realizar un estudio de la eficiencia en las instituciones de educación superior (IES) públicas colombianas durante el año 2011 por medio del análisis envolvente de datos DEA. También realizar la clasificación de estas instituciones utilizando modelos de supereficiencia.

**Resumen:** En este artículo de investigación se realizó un estudio de eficiencia de las instituciones de educación superior (IES) públicas de Colombia durante el año 2011, mediante la metodología de análisis envolvente de datos utilizando el modelo de Charnes, Cooper y Rhodes (CCR), el modelo de Banker, Charnes y Cooper (BCC) y el modelo basado en holguras Slack Based Measure (SBM), orientados a salidas para determinar las eficiencias técnica, puramente técnica, de escala y de mezcla, respectivamente. La información con la que se llevó a cabo la investigación se tomó de las



bases de datos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia. En el análisis de resultados se determinó la magnitud en que deben ser mejorados los productos de las IES ineficientes y se identificó la posible causa de esta ineficiencia. Así mismo se realizó una clasificación (ranking) de las universidades mediante el modelo de súper-eficiencia no radial súper SBM.

**Tabla 1.10 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
<p>Se establece una breve revisión de la literatura de los modelos de análisis envolvente de datos DEA-CCR, DEA – BCC y DEA – SBM orientados a las salidas; por medio de los cuáles se descompone la eficiencia de las instituciones de educación superior en eficiencia técnica, puramente técnica, de escala y eficiencia de mezcla.</p> <p>Se analizó la eficiencia de 32 universidades públicas colombianas mediante el análisis envolvente de datos DEA utilizando como variables de entrada: docentes equivalentes de T.C., gastos de personal administrativo, recursos financieros y recursos físicos; y como variables de salida: matrícula de pregrado y posgrados, resultados saber pro, revistas indexadas y artículos en revistas indexadas.</p> <p>Se utilizaron los modelos CCR – O, BCC – O y SBM – O – C; como resultado se obtuvo que 15 (46.87%) del total de las IES no presentan ningún tipo de ineficiencia por tanto son globalmente eficientes. Además, los resultados muestran que 20 universidades son eficientes administrativamente, lo que quiere decir que existen 5 universidades cuya ineficiencia se debe a problemas en la escala de operación.</p> <p>También se empleó el modelo de supereficiencia SBM para establecer el <i>ranking</i> de las universidades, allí se observa que la universidad Nacional de Colombia es la que presenta el mejor desempeño.</p>	<p>Se utilizan los modelos básicos DEA-CCR-I, DEA-BCC-I orientados a las entradas para obtener la eficiencia relativa de 23 ciudades colombianas con respecto a la facilidad que presentan para hacer negocios en los años 2010 y 2013.</p> <p>Se utilizan los modelos de supereficiencia DEA Super CCR-I y el modelo Super SBM –I - C para clasificar las unidades DEA eficientes, analizando los posibles problemas de infactibilidad.</p> <p>Se comparan los resultados de la clasificación dada con la metodología <i>Doing Business</i> y el modelo de supereficiencia Super SBM –I - C.</p> <p>Se compara la eficiencia en los periodos 2010 y 2013 mediante el modelo del índice de productividad de Malmquist radial.</p>

**Fuente:** Google: Artículos de análisis envolvente de datos DEA y modelos de supereficiencia SBM. Link: <https://int.search.tb.ask.com/search/GGmain.jhtml?searchfor=Civilizar+Ciencias+Sociales+y+Humanas%2C+vol.+16%2C+n%C3%BAm.+30&n=783a3904&p2=%5ECG7%5Exdm521%5ETTAB02%5Eco&ptb=41A92B36-58AA-446A-B1CE-B3B8B23E00D1&q=si=adwords-9e0d1bf2d1699201f92d5187b352dfd6&ss=sub&st=sb&tpr=sbt&ts=1508245755924>

## 11. Clasificación de grupos de investigación colombianos aplicando análisis envolvente de datos.

**Autores:** Restrepo R., María Isabel; Villegas R., Juan Guillermo.

**Fuente:** Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía. núm. 42, diciembre-, 2007, pp. 105-119. ISSN 0120-6230.

**Objetivo:** Aplicar el análisis envolvente de datos DEA para la medición de la productividad y clasificación de los grupos de investigación colombianos utilizando modelos de supereficiencia y eficiencia cruzada combinados con análisis de conglomerados.

**Resumen:** En este artículo se aplica el análisis envolvente de datos (DEA) como herramienta para la medición de la productividad y posterior clasificación de los grupos de investigación colombianos. Para llevar a cabo dicha clasificación se implementaron modelos DEA basados en supereficiencia y eficiencia cruzada combinados con análisis de conglomerados. Los modelos propuestos se aplicaron al caso de los grupos de investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia con resultados prometedores.

**Tabla 1.11 Análisis crítico del artículo**

Modelo presentado en el documento	Modelo propuesto en este trabajo de investigación
<p>Se analizó la eficiencia de 16 grupos de investigación de la Facultad de ingeniería de la Universidad de Antioquia, clasificados en categoría A, B o C por Colciencias en el mes de noviembre de 2006.</p> <p>Como variables de entrada se utilizaron el número de integrantes y el número de años de experiencia desde su creación. Como salidas: artículos de investigación, capítulos de libros, libros de investigación, tesis y trabajos de grado y productos de divulgación de conocimiento.</p> <p>Se utilizó el modelo CCR – O orientado a las salidas para evaluar la eficiencia donde se obtuvo que 9 grupos (56.3%) fueron eficientes. Además, se clasificaron los grupos de investigación con el modelo de supereficiencia super CCR-O y también se utilizó el modelo de eficiencia cruzada benevolente orientado a las salidas dando como resultado clasificaciones similares.</p> <p>Se hace el análisis del impacto de utilizar el modelo de eficiencia cruzada eliminando algunas variables de salida obteniéndose resultados similares a los presentados con la totalidad de variables seleccionadas.</p> <p>Finalmente al utilizar el análisis de conglomerados y el modelo CCR-O se obtiene una clasificación de los grupos de investigación en tres categorías.</p>	<p>Se utilizan los modelos básicos DEA-CCR-I, DEA-BCC-I orientados a las entradas para obtener la eficiencia relativa de 23 ciudades colombianas con respecto a la facilidad que presentan para hacer negocios en los años 2010 y 2013.</p> <p>Como variables de entrada se utilizan las presentadas en la metodología <i>Doing Business</i>: apertura de un negocio, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos; además de proponer una salida virtual para la medición de eficiencia y clasificación de las ciudades.</p> <p>Se utilizan los modelos de supereficiencia DEA Super CCR-I y el modelo Super SBM –I - C para clasificar las unidades DEA eficientes.</p> <p>Se comparan los resultados de la clasificación dada con la metodología <i>Doing Business</i> y el modelo de supereficiencia Super SBM –I - C.</p> <p>Se compara la eficiencia en los periodos 2010 y 2013 mediante el modelo del índice de productividad de Malmquist radial.</p>

**Fuente:** Google: Artículos de análisis envolvente de datos DEA y modelos de supereficiencia SBM. <http://www.redalyc.org/pdf/430/43004209.pdf>

## Anexo 2. Variables, criterios e indicadores considerados en la metodología Doing Business Colombia [7]

**Tabla 2.119** Variables y criterios considerados por la metodología Doing Business

Variable	Criterios
<b>Apertura de un negocio</b>	Procedimientos (número)
	Tiempo (días)
	Costo (% ingreso per cápita)
	Requisito de capital mínimo pagado (% ingreso per cápita)
<b>Obtención de permisos de construcción</b>	Procedimientos (número)
	Tiempo (días)
	Costo (% ingreso per cápita)
<b>Registro de propiedades</b>	Procedimientos (número)
	Tiempo (días)
	Costo (% del valor de la propiedad)
<b>Pago de impuestos</b>	Pagos (número)
	Tiempo (horas)
	Tasa total de impuestos (% de ganancia)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.120** Datos socioeconómicos utilizados por la metodología Doing Business

<p><b>INGRESO NACIONAL BRUTO (INB) y Población</b></p> <p>Doing Business en Colombia usa el Ingreso Nacional Bruto (INB) y la población de 2008 según lo publicado en el informe World Development Indicators 2009 del Banco Mundial. El INB se calcula usando el método Atlas. Para los indicadores de costos expresados como porcentaje del INB per cápita, se usa como denominador el INB de 2008.</p> <p><b>INB per cápita de Colombia en 2008</b> = US\$ 4.657,67</p> <p><b>Tipo de cambio</b></p> <p>El tipo de cambio usado en este informe es: 1 US\$ = 2.202,07 / COP\$ (Pesos Colombianos)</p> <p><b>Región</b></p> <p>Doing Business usa la clasificación del Banco Mundial disponible en <a href="http://www.worldbank.org/data/countryclass">http://www.worldbank.org/data/countryclass</a></p>
--

Fuente: Elaboración propia

### 1. Variable “Apertura de un Negocio”

Doing Business en Colombia registra todos los trámites que se requieren oficialmente para que un empresario pueda abrir y operar formalmente una empresa industrial o comercial. Estos incluyen la obtención de todas las licencias y permisos necesarios, la realización de cualquier notificación, comprobación o inscripción ante las autoridades correspondientes, que se le exijan a la empresa o a sus empleados.

Después de estudiar las leyes, reglamentos y datos disponibles públicamente sobre la puesta en marcha de una empresa, se desarrolla una lista detallada de los trámites, junto con el tiempo y costo para cumplir con cada trámite y los requisitos de capital mínimo aportado. Después de esto, los

abogados expertos en constitución de empresas, además de los funcionarios públicos de cada país, completan y verifican los datos.

También se recopila la información acerca de la secuencia en que se deben completar los trámites y si estos se pueden realizar simultáneamente. Se establece el supuesto que toda la información necesaria está disponible y que todas las autoridades involucradas en el proceso de apertura operan sin corrupción. Si las respuestas de los expertos locales difieren, continúan las consultas hasta que se resuelven las diferencias.

### **1.1 Criterio: Procedimientos o trámites**

Un trámite se define como cualquier interacción del fundador de la empresa con terceras partes externas, (por ejemplo, organismos del gobierno, abogados, auditores o notarios). Las interacciones entre los fundadores o ejecutivos de la compañía y los empleados no se consideran trámites. Los trámites que deben realizarse en el mismo edificio, pero en diferentes oficinas se cuentan como trámites separados. De igual modo, si los fundadores tienen que visitar el mismo organismo varias veces para realizar trámites diferentes, pero consecutivos uno del otro, estos se consideran trámites distintos. Se supone que los fundadores completan todos los trámites por sí mismos, sin intermediarios, mediadores, gestores, contables o abogados, a menos que el empleo de una tercera persona sea exigido por la ley, en cuyo caso dichos trámites se consideran aparte. Se toman en cuenta los trámites previos y posteriores oficialmente requeridos para que el empresario pueda operar formalmente la empresa.

También se incluyen los trámites requeridos para realizar transacciones con organismos públicos. Por ejemplo, se incluye la obtención de un sello o estampilla de la sociedad si dicho sello se requiere en documentos oficiales, como la declaración tributaria. De forma similar, si una empresa debe abrir una cuenta bancaria antes de registrarse ante la autoridad competente para cobrar el impuesto sobre las ventas o sobre el valor agregado, esta operación se incluye como un trámite separado. Alternativas más rápidas sólo se contabilizan si cumplen con los siguientes cuatro criterios: son legales, están disponibles para el público en general, se emplean por la mayoría de las empresas y el evitarlos causa grandes retrasos. Solamente se toman en cuenta los trámites aplicables a todas las empresas. Los trámites específicos para un sector industrial están excluidos. Por ejemplo, los trámites necesarios para cumplir con reglamentos medioambientales se incluyen sólo si se aplican a todas las empresas que realicen actividades comerciales o industriales en general. No se incluyen aquellos trámites que la empresa necesita para obtener servicios de electricidad, de agua, de gas y de tratamiento de desechos.

### **1.2 Criterio: Tiempo**

El tiempo se registra en días naturales. La medición captura la duración mediana que los abogados expertos en constitución de sociedades estiman para completar los trámites requeridos llevados a cabo con el mínimo seguimiento ante los organismos públicos y sin la realización de pagos extraoficiales. Se asume que el tiempo mínimo requerido para cada trámite es de un día y que, aunque haya trámites que puedan realizarse simultáneamente, estos no pueden comenzar el mismo día. Es decir, los trámites simultáneos comienzan en días consecutivos. Se considera que un trámite se ha completado una vez que la empresa ha recibido el documento final, como por ejemplo el certificado de inscripción de la sociedad o el número fiscal. Si se puede acelerar un trámite a un costo adicional, se elige el trámite más rápido. Se presume igualmente que el empresario no pierde tiempo y se dedica a completar cada trámite restante sin demora. No se toma en cuenta el tiempo que el empresario emplea en recopilar la información, puesto que se presume que el empresario conoce todas las regulaciones para la apertura de una empresa y el orden de ejecución desde el

principio. También se asume que el empresario no ha tenido contacto previo con ninguno de los funcionarios que realizarán los trámites.

### 1.3 Criterio: Costo

El costo se registra como porcentaje del ingreso per cápita del país. Sólo se consideran las tarifas oficiales. Por otro lado, sólo se incluyen los honorarios por servicios legales o profesionales si la ley los exige. Se incluyen las tarifas para la adquisición y legalización de los libros de la compañía si dichas operaciones son exigidas por la ley. Para el cómputo de los costos se emplean como fuentes: el texto de la ley de sociedades mercantiles, el código de comercio y las regulaciones específicas, así como las tablas de tarifas oficiales. En ausencia de una tabla de tarifas, se toma como fuente oficial el valor que estimen los funcionarios del gobierno y en ausencia de éste, se emplean las estimaciones de los abogados expertos en constitución de sociedades. En caso de que haya diferentes estimaciones entre varios abogados expertos, se calcula la mediana de dichos datos. En todos los casos, el costo excluye pagos extraoficiales.

### 1.4 Criterio: Requisito de capital mínimo pagado

El requisito de capital mínimo pagado refleja la cantidad que el empresario necesita depositar en un banco o ante un notario antes de la inscripción y hasta tres meses después de la constitución de la sociedad y se computa como un porcentaje del ingreso per cápita del país. Esta cantidad normalmente se especifica en el código de comercio o la ley de sociedades mercantiles. Muchos países requieren un capital mínimo pagado, pero permiten a las sociedades abonar sólo una parte antes del registro, debiendo pagar el resto después del primer año de operación.

**Tabla 2.121** Trámites comunes para Apertura de un negocio

<b>Id.</b>	<b>Trámite</b>
<b>1</b>	Registrar la empresa ante el Registro Mercantil, obtener el certificado de existencia y representación legal, registrar los libros de la empresa e inscribirse ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) en el Centro de Atención Empresarial (CAE) de la Cámara de Comercio
<b>2</b>	Abrir una cuenta bancaria
<b>3</b>	Registrar la empresa ante la caja de compensación familiar, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF)
<b>4</b>	Registrar la empresa ante una Administradora de Riesgos Profesionales (ARP)
<b>5</b>	Afiliar a los empleados al sistema público de pensiones
<b>6</b>	Afiliar a los empleados a un fondo de pensiones privado
<b>7</b>	Inscribir a los empleados a un plan obligatorio de salud
<b>8</b>	Afiliar a los empleados a un fondo de cesantías

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.122** Trámites específicos para Apertura de un negocio

<b>Id.</b>	<b>Trámite</b>
<b>9</b>	Adquirir los libros de la empresa
<b>10</b>	Visitar un Centro de Atención Empresarial (CAE) y adquirir los formularios
<b>11</b>	Pagar el impuesto departamental de estampillas
<b>12</b>	Registrar la empresa para el pago del impuesto de industria y comercio
<b>13</b>	Completar el Registro Único Tributario provisional (pre-RUT) ante la DIAN
<b>14</b>	Obtener el certificado del cuerpo de bomberos
<b>15</b>	Obtener el certificado de uso del suelo
<b>16</b>	Obtener el certificado sanitario
<b>17</b>	Recibir inspección por parte del Cuerpo de Bomberos
<b>18</b>	Pagar el certificado de uso del suelo en una entidad Bancaria
<b>19</b>	Pagar el impuesto departamental de registro

**Tabla 2.123** Matriz de trámites para Apertura de un negocio

Trámite Ciudad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Armenia	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Barranquilla	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Bogotá	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Bucaramanga	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Cali	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
Cartagena	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*				
Cúcuta	*	*	*	*	*	*	*	*	*										*
Ibagué	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*							
Manizales	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Medellín	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Montería	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*			
Neiva	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Pasto	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Pereira	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Popayán	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*		*			*		
Riohacha	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*		*			*	
Santa Marta	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Sincelejo	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*						*
Tunja	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*			*	*
Valledupar	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*		*				*
Villavicencio	*	*	*	*	*	*	*	*	*						*				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.124** Matriz de tiempos (días) por trámite para Apertura de un negocio

Trámite Ciudad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Armenia	1	1	10	1	1	1	1	1											
Barranquilla	5	1	10	1	1	1	1	1	1										
Bogotá	2	1	10	1	14	1	6	1	1										
Bucaramanga	4	1	10	1	30	1	1	1	1										
Cali	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Cartagena	5	1	10	1	5	1	1	1	1		1				5				
Cúcuta	2	1	10	1	5	1	1	1											1
Ibagué	3	1	3	3	9	3	3	3	1			1							
Manizales	2	1	3	1	1	1	1	1	1										
Medellín	4	1	6	1	1	1	2	1	1										
Montería	5	1	4	1	5	1	2	1	1			1	1	1	2	2			
Neiva	1	1	3	1	1	1	1	1											
Pasto	5	1	10	1	2	1	2	1	1										
Pereira	3	1	4	1	1	4	2	1											
Popayán	5	1	5	5	3	1	1	1	1			1		15			1		
Riohacha	10	1	2	1	15	1	8	1	1				1		7			1	
Santa Marta	2	1	1	1	1	1	1	1	1										
Sincelejo	3	1	10	1	1	1	1	1	3			1	1						1
Tunja	6	1	1	1	8	1	3	1	1			1	1	20	9			1	1
Valledupar	3	1	3	1	5	1	15	1	1			1	1		10				1
Villavicencio	2	1	1	1	1	1	1	1	1						7				

Fuente: Elaboración propia

## **2. Variable “Obtención de permisos de construcción”**

Doing Business en Colombia registra todos los trámites que requiere una empresa del sector de la construcción para construir un almacén estándar. Estos incluyen la presentación ante las autoridades de todos los documentos específicos del proyecto de obra, (por ejemplo, planos de edificación y mapas del lote), la obtención de todas las autorizaciones, licencias, permisos y certificados, la aprobación de todas las notificaciones necesarias y la recepción de todas las visitas de inspección exigidas. El informe Doing Business en Colombia también registra los trámites para conseguir las instalaciones de electricidad, agua, alcantarillado y teléfono fijo. También se tienen en cuenta los trámites necesarios para poder emplear la propiedad como garantía de un préstamo o transmitir su titularidad. El estudio divide el proceso de construcción de un almacén en distintos trámites y calcula el tiempo y costo de completar cada trámite en circunstancias normales.

Se recopila información de expertos en la concesión de licencias de obra, como arquitectos, abogados expertos en construcción, empresas de construcción, proveedores de servicios públicos, curadores urbanos y funcionarios públicos que se ocupan de las regulaciones sobre construcción, entre ellas de las autorizaciones y las inspecciones. Para poder realizar comparaciones internacionales y entre ciudades en Colombia, se presumen ciertos aspectos de la empresa, el proyecto de almacén y las instalaciones de servicios públicos.

### **2.1 Criterio: Procedimientos o trámites**

Un trámite es cualquier interacción de los empleados o gerentes de la empresa con terceras partes, incluidos los organismos del gobierno, notarios, registro de bienes inmuebles, catastro, empresas de suministros públicos, inspectores públicos y privados y expertos técnicos que no sean arquitectos e ingenieros con tratados internamente por la empresa. Las interacciones desarrolladas entre los empleados de la sociedad, para por ejemplo diseñar los planos del almacén, o las inspecciones que realicen los empleados, no se cuentan como trámites. Se incluyen los trámites que emprenda la sociedad para conectar el almacén a la red de electricidad, agua corriente, alcantarillado y teléfono. Se computan también todos los trámites que son exigidos por la ley o se emplean en la práctica para construir un almacén, incluso si se pueden evitar en casos excepcionales.

### **2.2 Criterio: Tiempo**

El tiempo se registra en días naturales, no en días hábiles. La medición captura la duración mediana que los expertos locales estiman necesaria para completar un trámite en la práctica. Se presume que el tiempo mínimo requerido para cada trámite es de un día. Aunque algunos trámites puedan realizarse simultáneamente, se entiende que no empiezan en el mismo día; es decir, los trámites simultáneos tienen lugar en días consecutivos. Si se puede acelerar un trámite de forma legal, a un costo adicional, se elige el trámite más rápido. Se presupone igualmente que Construcciones LTDA no pierde tiempo y se dedica a completar cada trámite restante sin demora. No se tiene en cuenta el tiempo que el empresario emplea en recopilar información, puesto que se presume que la empresa conoce todas las regulaciones sobre edificación y el orden de ejecución de cada trámite desde el principio.

### **2.3 Criterio: Costo**

El costo se calcula como un porcentaje del ingreso per cápita del país. Sólo se registran los costos oficiales, incluidas las tarifas asociadas a la construcción legal de un almacén, los costos de obtención de autorizaciones para edificar sobre el terreno, las licencias anteriores a la construcción que exigen la presentación de un proyecto previo, los costos de las inspecciones anteriores, simultáneas y posteriores a la construcción, las tarifas de conexión a los servicios públicos y el registro de la propiedad del terreno. También se incluyen las tarifas que se exijan, sin una

periodicidad establecida, para completar el proyecto de construcción del almacén. Sirven como fuentes de los costos: el código de construcción, la información de los expertos locales, las regulaciones específicas y las tablas de tarifas oficiales. Si varios colaboradores locales aportan estimaciones diferentes, se calcula la mediana de dichos valores.

**Tabla 2.125** Trámites comunes para Obtención de permisos de construcción

<b>Id.</b>	<b>Trámite</b>
<b>1</b>	Obtención del certificado de tradición y libertad de la propiedad
<b>7</b>	Obtención de autorización previa para conexión de servicios de agua
<b>8</b>	Solicitar conexión al servicio de energía eléctrica
<b>9</b>	Obtención de la conexión telefónica
<b>13</b>	Obtención de la conexión eléctrica

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.126** Trámites específicos para Obtención de permisos de construcción

<b>Id.</b>	<b>Trámite</b>
<b>2</b>	Obtención del certificado de existencia y representación legal de la empresa constructora
<b>3</b>	Obtención del paz y salvo predial
<b>4</b>	Pago de estampillas pro desarrollo para obtención del certificado de pago del impuesto predial y del paz y salvo
<b>5</b>	Obtención de la licencia de construcción
<b>6</b>	Pago del impuesto de delineación urbana
<b>10</b>	Interventoría de las redes
<b>11</b>	Obtención de la “certificación RETIE”
<b>12</b>	Inspección final por parte de la empresa de acueducto
<b>14</b>	Inspección final por parte de la alcaldía
<b>15</b>	Solicitar y obtener certificado de alineamiento
<b>16</b>	Solicitar y obtener el presupuesto de acometida de agua
<b>17</b>	Pago del presupuesto de acometida de agua
<b>18</b>	Obtención de la conexión del servicio de acueducto
<b>19</b>	Recibir inspección del proveedor de energía
<b>20</b>	Obtención del paz y salvo predial, de valorización
<b>21</b>	Obtención del boletín de nomenclatura
<b>22</b>	Solicitud de autorización provisional para conexión del servicio de alcantarillado
<b>23</b>	Revisión y legalización de la matrícula definitiva de alcantarillado
<b>24</b>	Revisión y legalización de la matrícula definitiva de acueducto
<b>25</b>	Solicitar y obtener el certificado del cuerpo de bomberos / presentación de diseños hidrosanitarios y de redes contra incendio
<b>26</b>	Prueba hidráulica para obtener el certificado del cuerpo de bomberos
<b>27</b>	Solicitar y obtener el concepto de uso del suelo
<b>28</b>	Pago del impuesto departamental (estampilla prodesarrollo)
<b>29</b>	Pago del impuesto departamental (estampilla pro cultura)
<b>30</b>	Pago del impuesto de escombrería
<b>31</b>	Obtención del certificado de paramento
<b>32</b>	Solicitud y obtención del certificado del permiso de ocupación
<b>33</b>	Supervisión de la construcción de redes locales de acueducto y alcantarillado
<b>34</b>	Obtención del certificado de recibo de obra
<b>35</b>	Pago del impuesto de construcción
<b>36</b>	Pago del impuesto de urbanismo y construcción
<b>37</b>	Obtención del certificado de paramentos
<b>38</b>	Pago de las estampillas pro cultura y pro Uni-Llanos
<b>39</b>	Solicitar y obtener el certificado de demarcación
<b>40</b>	Pago del paz y salvo del impuesto predial



**Tabla 2.127** Matriz de trámites para Obtención de permisos de construcción

Trámite Ciudad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Armenia	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Barranquilla	*	*			*	*	*	*	*		*		*	*	*	*	*			
Bogotá	*				*	*	*	*	*	*			*	*				*	*	
Bucaramanga	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	*					*	*
Cali	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*				*	*	
Cartagena	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*						*
Cúcuta	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Ibagué	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*		*						*	
Manizales	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Medellín	*	*	*		*	*	*	*	*		*	*	*							
Montería	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Neiva	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Pasto	*	*	*		*		*	*	*	*	*		*	*					*	
Pereira	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Popayán	*	*	*		*	*	*	*	*			*	*	*						
Riohacha	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Santa Marta	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Sincelejo	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
Tunja	*	*	*				*	*	*		*	*	*	*				*		
Valledupar	*	*	*		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*					
Villavicencio	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.128** Matriz de trámites para Obtención de permisos de construcción (continuación)

Trámite Ciudad	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Armenia																				
Barranquilla																				
Bogotá																				
Bucaramanga	*	*	*	*																
Cali	*				*	*	*												*	
Cartagena																				
Cúcuta								*	*	*										
Ibagué											*	*								
Manizales							*													
Medellín													*	*						
Montería																				
Neiva																				*
Pasto															*					
Pereira																				
Popayán																				
Riohacha	*																			
Santa Marta																				
Sincelejo																				*
Tunja							*									*				
Valledupar																				
Villavicencio																	*	*		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.129** Matriz de tiempos (días) por trámite para Obtención de permisos de construcción

Trámite Ciudad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Armenia	1	1	1	1	60	1	15	1	3	30	30	1	10	1						
Barranquilla	1	1			30	1	25	15	5		1		1	1	15	11	1			
Bogotá	1				33	1	10	1	4	1			11	1				10	1	
Bucaramanga	1	1	1		60	1	20	10	8		5		15	6					1	1
Cali	1	1		1	28	1	20	1	7		1	1	12	1				1	7	
Cartagena	1	1	1		40	1	20	7	5		15	15	10	1						1
Cúcuta	1	1	4		25	1	15	30	1	8	7	1	20	1						
Ibagué	1	1	1		60	1	30	19	1	30	30		30						1	
Manizales	1	1	1		45	1	1	1	3	15	12	1	4	1						
Medellín	1	1	1		45	1	56	10	8		5	15	1							
Montería	1	1	1		45	1	15	10	1	8	5	1	1	1						
Neiva	1	1	1		40	1	30	9	3	30	7	1	20	1						
Pasto	1	1	10		60		15	15	1	10	1		20	1					1	
Pereira	1	1	1		30	1	15	30	3	30	1	30	8	1						
Popayán	1	1	1		20	1	10	10	3			1	1	1						
Riohacha	1	1	1		30	1	5	3	1	1	2	1	3	1						
Santa Marta	1	1	1		20	1	10	1	1	1	3	1	3	1						
Sincelejo	1	1	1		45	1	8	5	1	15	1	1	10	1						
Tunja	1	1	1		45		1	1	6		1		17	1				3		
Valledupar	1	1	2		45	1	5	1	1	1	1	1	30	1						
Villavicencio	1	1	1		60	1	30	1	3	30	5	1	8	1					1	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.130** Matriz de tiempos (días) por trámite para Obtención de permisos de construcción (continuación)

Trámite Ciudad	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Armenia																				
Barranquilla																				
Bogotá																				
Bucaramanga	1	30	15	1																1
Cali	1				15	1	35												25	
Cartagena																				1
Cúcuta								1	1	1										
Ibagué												1					60			
Manizales							15													
Medellín													15	45						
Montería																				
Neiva																				1
Pasto															20					
Pereira																				1
Popayán																				
Riohacha	1																			
Santa Marta																				
Sincelejo																				1
Tunja							8									1				
Valledupar																				
Villavicencio											10							1		

Fuente: Elaboración propia

### **3. Variable “Registro de propiedades”**

Doing Business en Colombia registra la totalidad de los trámites necesarios cuando una empresa compra un terreno y un edificio de otra empresa con el fin de que las propiedades adquiridas con dicha transacción sirvan para que el comprador expanda su negocio, pudiendo utilizar la propiedad como garantía de nuevos préstamos o, si es necesario, venderla a otra empresa. El proceso comienza con la obtención de todos los documentos necesarios, por ejemplo una copia del título de propiedad del vendedor y realizando las verificaciones necesarias. La transacción se considera finalizada una vez que es oponible a terceros y el comprador puede usar la propiedad como garantía para un préstamo o venderla.

Se incluyen todos los trámites que establece la ley o son necesarios en la práctica, ya sea responsabilidad del vendedor o del comprador o deba ser completado por una tercera parte en su nombre. Los abogados expertos en registro de propiedades, los notarios y los registros de la propiedad y catastros de cada país aportan información sobre los trámites, el tiempo y costo necesarios para completar el registro de la propiedad.

Para poder comparar los datos entre los diferentes países, se emplean varios supuestos sobre las partes involucradas en la transacción, la propiedad y los trámites.

#### **3.1 Criterio: Procedimientos o trámites**

Un trámite se define como cualquier interacción del comprador o del vendedor, de sus agentes (si legalmente o en la práctica se requiere un agente) o de la propiedad con partes externas, incluyendo organismos gubernamentales, inspectores, notarios y abogados. Las interacciones entre los ejecutivos de la empresa y los empleados no se consideran trámites. Se consideran todos los trámites que legalmente o en la práctica se requieren para registrar una propiedad, incluso si se pudieran evitar en casos excepcionales. Se presume que el comprador emplea las opciones legales más rápidas disponibles, a las que también recurren la mayoría de los titulares de propiedades. A pesar de que la empresa puede usar abogados u otros profesionales, cuando sea necesario a lo largo del proceso de registro, se supone que no emplea un mediador externo en dicho proceso a menos que se exija legalmente o sea la práctica habitual.

#### **3.2 Criterio: Tiempo**

El tiempo se cuenta en días naturales. Su cómputo se refiere a la duración mediana que los abogados expertos en compraventa de bienes inmuebles, así como los notarios o los funcionarios del registro, indiquen como necesario para completar un trámite. Se establece el supuesto de que el tiempo mínimo requerido para cada trámite es de un día y, aunque haya trámites que puedan realizarse simultáneamente, se entiende que estos no comienzan el mismo día. Se asume igualmente que el empresario no pierde tiempo y se dedica a completar cada trámite restante sin demora. Si se puede acelerar un trámite con un costo adicional, se refleja el trámite más rápido que emplee la mayoría de los titulares de propiedades. Si hay trámites que se pueden realizar simultáneamente, se presume que se realizan de ese modo. Se supone igualmente que las partes involucradas conocen todas las regulaciones y el orden de ejecución desde el principio. No se tiene en cuenta el tiempo dedicado a la recopilación de información.

#### **3.3 Criterio: Costo**

El costo se registra como porcentaje del valor de la propiedad, que se presume equivalente a 50 veces el ingreso per cápita. Sólo se consideran los costos oficiales que exige la ley y que incluyen tarifas, impuestos sobre la transmisión, impuestos municipales (estampillas) y cualquier otro pago efectuado al registro de bienes inmuebles, catastro, notarios, organismos públicos o abogados. Otros

impuestos, como impuestos sobre el incremento de capital, o el impuesto al valor agregado, se excluyen de la medida del costo. Se incluyen tanto los costos que asume el comprador, como los que asume el vendedor. Si los costos estimados difieren entre las diversas fuentes empleadas, se utiliza la mediana de dichos valores.

**Tabla 2.131** Trámites comunes para Registro de propiedades

<b>Id.</b>	<b>Trámite</b>
<b>1</b>	Obtención del certificado de tradición y libertad de la propiedad
<b>2</b>	Obtención del certificado de existencia y representación legal del comprador y vendedor
<b>3</b>	Estudio de títulos de propiedad por parte de un abogado
<b>6</b>	El notario prepara la escritura pública
<b>10</b>	Registro de la escritura en la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.132** Trámites específicos para Registro de propiedades

<b>Id.</b>	<b>Trámite</b>
<b>4</b>	Pago de estampillas pro-desarrollo para obtención del certificado de pago del impuesto predial y paz y salvo de valorización
<b>5</b>	Obtención del paz y salvo de predial y paz y salvo de valorización
<b>7</b>	Pago del impuesto de registro y estampillas prodesarrollo
<b>8</b>	Pago de estampilla pro-hospital
<b>9</b>	Pago de derechos de registro
<b>11</b>	Obtención de liquidación de estampilla pro-hospital
<b>12</b>	Obtención del paz y salvo de valorización
<b>13</b>	Obtención del paz y salvo de predial
<b>14</b>	Obtención de liquidación de impuesto de beneficencia
<b>15</b>	Pago de impuesto de beneficencia pro-desarrollo
<b>16</b>	Pago de paz y salvo de predial, paz y salvo de valorización
<b>17</b>	Informe al catastro sobre el cambio de propietario
<b>18</b>	Elaboración de una minuta por parte de un abogado
<b>19</b>	Obtención de liquidación para pago de la boleta fiscal
<b>20</b>	Pago de la boleta fiscal
<b>21</b>	Pago del paz y salvo de valorización
<b>22</b>	Obtención de liquidación de impuesto de registro
<b>23</b>	Pago y obtención del paz y salvo de predial
<b>24</b>	Liquidación de impuesto de registro departamental
<b>25</b>	Obtención del recibo de pago del paz y salvo de predial unificado
<b>26</b>	Pago del paz y salvo de predial unificado
<b>27</b>	Obtención de liquidación y pago de impuesto de registro
<b>28</b>	Liquidación y pago de impuesto de registro departamental

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.133** Matriz de trámites para Registro de propiedades

<b>Trámite</b> <b>Ciudad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Armenia	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Barranquilla	*	*	*			*	*	*		*	*	*	*	*	*		*			
Bogotá	*	*	*		*	*	*			*										
Bucaramanga	*	*	*		*	*	*			*		*				*	*	*	*	*
Cali	*	*	*	*	*	*	*			*								*	*	*
Cartagena	*	*	*			*	*		*	*		*					*	*	*	
Cúcuta	*	*	*			*	*			*		*	*				*	*		*
Ibagué	*	*	*		*	*	*			*								*		

Manizales	*	*	*		*	*	*		*	*								*		
Medellín	*	*	*		*	*	*			*								*	*	*
Montería	*	*	*		*	*	*		*	*						*	*	*		
Neiva	*	*	*		*	*	*		*	*						*		*		
Pasto	*	*	*			*	*		*	*								*		
Pereira	*	*	*		*	*	*		*	*						*	*			
Popayán	*	*	*		*	*	*		*	*						*		*		
Riohacha	*	*	*		*	*	*	*		*								*		
Santa Marta	*	*	*			*		*	*	*	*					*	*	*		
Sincelejo	*	*	*		*	*			*	*						*	*	*		
Tunja	*	*	*		*	*	*			*								*		
Valledupar	*	*	*		*	*	*		*	*								*		
Villavicencio	*	*	*			*	*		*	*		*	*					*	*	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.134** Matriz de trámites para Registro de propiedades (continuación)

Trámite Ciudad	21	22	23	24	25	26	27	28												
Armenia																				
Barranquilla																				
Bogotá																				
Bucaramanga																				
Cali																				
Cartagena	*																			
Cúcuta	*	*																		
Ibagué																				
Manizales		*																		
Medellín																				
Montería		*																		
Neiva		*																		
Pasto	*	*	*																	
Pereira				*																
Popayán		*																		
Riohacha																				
Santa Marta																				
Sincelejo								*												
Tunja					*	*	*													
Valledupar		*				*														
Villavicencio																				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.135** Matriz de tiempos (días) por trámite para Registro de propiedades

Trámite Ciudad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Armenia	1	1	4	1	1	1	1	1	1	6										
Barranquilla	1	1	3			3		1	1	3	1	1	1	1			1			
Bogotá	1	1	5		1	8			1	3						1				
Bucaramanga	1	1	3		1	3			1	5		1					1	2	1	1
Cali	1	1	3	1	1	4			1	10								2	1	1
Cartagena	1	1	4			4	1		1	15		3					1	2		
Cúcuta	1	1	5			3			1	8							1	2		1
Ibagué	1	1	4		1	3			1	3								2		
Manizales	1	1	2		1	1			1	3								1		

Medellín	1	1	5			2			1	8					1		2	1	1
Montería	1	1	2		2	5			1	10					1	1	3		
Neiva	1	1	2		1	3	1		1	4					1		2		
Pasto	1	1	3			5	1		1	21		1	1				2		
Pereira	1	1	2			2			1	8					1	1			
Popayán	1	1	3		1	3	1		1	15					1		2		
Riohacha	1	1	5		3	4			1	9							4		
Santa Marta	1	1	2			5		1	1	3	1				1	1	1		
Sincelejo	1	1	3		1	1			1	3					1	1	2		
Tunja	1	1	2			2			1	9			1				2		
Valledupar	1	1	3		1	2	1		1	3					1		2		
Villavicencio	1	1	3			3				15		1	1			1	3		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.136** Matriz de tiempos (días) por trámite para Registro de propiedades (continuación)

Trámite Ciudad	21	22	23	24	25	26	27	28											
Armenia																			
Barranquilla																			
Bogotá																			
Bucaramanga																			
Cali																			
Cartagena	1	1																	
Cúcuta	1	1	3																
Ibagué																			
Manizales		2																	
Medellín																			
Montería		2																	
Neiva		1																	
Pasto		1																	
Pereira		1	1	1	1														
Popayán		1																	
Riohacha							1												
Santa Marta																			
Sincelejo								1											
Tunja					1	1	1												
Valledupar		1																	
Villavicencio	1						1												

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Variable “Pago de impuestos”

Doing Business en Colombia registra los impuestos que una empresa de tamaño medio debe pagar o retener en un determinado año y también mide la carga administrativa asociada con el pago de impuestos y contribuciones, entre ellos el impuesto sobre la renta de las sociedades; las contribuciones a la seguridad social e impuestos laborales correspondientes al empleador; los impuestos sobre la propiedad, sobre la transmisión de la propiedad, sobre los dividendos, sobre las ganancias de capital y sobre las transacciones financieras; así como los impuestos de recolección de residuos, de vehículos y de circulación.

Doing Business en Colombia analiza todos los impuestos establecidos por el gobierno a cualquier nivel (nacional, departamental o municipal) que se aplican a una empresa estándar y que tienen una repercusión en sus ingresos. Por este motivo, Doing Business va más allá del concepto tradicional de impuesto definido en términos de las cuentas nacionales del estado, en el que se suelen incluir solamente los pagos obligatorios y sin contrapartida al gobierno central. Doing Business se separa de esta acepción porque analiza todos los impuestos que afectan a las cuentas de la empresa, no sólo los que influyen en las cuentas nacionales del estado. Las principales diferencias se dan en el caso de las contrataciones laborales y el impuesto sobre el valor agregado: Doing Business estudia las contribuciones que, por mandato del gobierno, debe pagar el empleador a un fondo compensatorio privado de pensiones o a un seguro para los trabajadores. El indicador incluye, por ejemplo, la prestación obligatoria de la jubilación y el seguro compensatorio de los trabajadores. Sin embargo, del análisis se excluyen los impuestos sobre el valor agregado porque no se reflejan en los estados contables de ingresos.

Para medir los impuestos y contribuciones que paga una empresa estándar y la complejidad del régimen fiscal de un país, se prepara un estudio de caso con un grupo de estados financieros y supuestos acerca de las transacciones realizadas durante el año. Los expertos en cada país calculan los impuestos adeudados en su jurisdicción sobre la base de los hechos del estudio de caso. También se recopila información acerca de la frecuencia de las declaraciones tributarias, las inspecciones fiscales y otros costos relacionados con el cumplimiento de las leyes tributarias.

Para poder comparar los datos entre los diferentes países y ciudades, se emplean varios supuestos sobre la empresa, así como sobre los impuestos y las contribuciones aplicables

#### **4.1 Criterio: Pagos**

El indicador de pago de impuestos mide el número total de impuestos y contribuciones pagados, el método de pago, la frecuencia de pago y el número de agencias involucradas en este caso estandarizado durante el segundo año de actividad de la sociedad. Incluye pagos que la empresa ha efectuado por impuestos al consumo, como impuestos sobre las ventas o impuestos sobre el valor agregado. Estos impuestos son retenidos tradicionalmente a costo del consumidor. Aunque no afectan los estados financieros de la empresa, se suman a la carga administrativa que supone el cumplimiento con el régimen fiscal, de ahí que se tengan en cuenta en el análisis de los pagos de impuestos.

El número de pagos toma en cuenta las declaraciones electrónicas. En aquellos países donde se permiten las declaraciones electrónicas completas y esta modalidad de pago se emplea por la mayoría de las empresas de tamaño medio, se considera que el pago se realiza una sola vez al año, aunque se haya efectuado con mayor frecuencia. En cuanto a los impuestos realizados a través de terceras partes, como por ejemplo las tasas por los intereses que cobran las instituciones financieras o el impuesto sobre el combustible (gasolina) que cobra la empresa suministradora de gasolina, se considera que existe un único pago aunque se realicen con mayor frecuencia; se trata de impuestos retenidos en fuente, que no deben declarar las empresas usuarias.

Cuando 2 o más impuestos se paguen de manera conjunta utilizando un mismo formulario, cada uno de estos pagos conjuntos se contabiliza como un pago. Por ejemplo, si los aportes de seguros de salud y de pensiones se diligencian y pagan de manera conjunta, sólo se contaría uno de ellos.

#### **4.2 Criterio: Tiempo**

El tiempo se registra en horas por año. Este indicador mide el tiempo que se requiere para preparar, presentar y pagar (o retener) tres tipos principales de impuestos: el impuesto sobre los ingresos de la

empresa, el impuesto sobre el valor agregado o impuesto sobre las ventas, y los impuestos laborales, incluyendo los impuestos de nómina y las cuotas a la seguridad social. El tiempo de preparación incluye el tiempo para recopilar toda la información necesaria para calcular el impuesto que hay que pagar. Si se deben mantener diferentes libros de contabilidad con fines tributarios, o bien realizar cálculos separados, se incluye el tiempo extraordinario empleado en estos procesos, siempre que el trabajo contable habitual no sea suficiente para cumplir los requisitos de cómputo de impuestos. El tiempo de presentación incluye el tiempo para completar todos los formularios de impuestos necesarios y para realizar todos los cálculos necesarios. El tiempo de pago es el tiempo en horas necesario para efectuar el pago en línea o en la agencia tributaria. Cuando los impuestos se pagan en persona, el tiempo incluye las demoras por la espera.

#### **4.3 Criterio: Tasa total de impuestos**

La tasa de impuesto total mide la totalidad de impuestos y contribuciones obligatorias que debe abonar una empresa durante su segundo año de actividad, expresada como porcentaje de los beneficios comerciales. El informe Doing Business en Colombia mide la tasa de impuesto total del ejercicio fiscal 2008. La cantidad total de impuestos es la suma de todos los diferentes impuestos que se han de pagar después de contabilizar las deducciones y exenciones. Se excluyen los impuestos retenidos (como el impuesto sobre las ventas o sobre el valor agregado o impuesto sobre la renta de las personas físicas) que no deba pagar la empresa. Los impuestos incluidos pueden dividirse en cinco categorías: impuesto sobre la renta de las sociedades, contribuciones a la seguridad social y otros impuestos laborales pagados por el empleador (incluidas todas las contribuciones obligatorias, aunque deban ingresarse a una entidad privada, como un fondo de pensiones), impuestos prediales, impuestos sobre la facturación y otros impuestos menores (como tasas municipales e impuestos de vehículos y sobre combustible).

La tasa total de impuesto está diseñada para dar una medida integral de los impuestos soportados por una empresa. Es diferente de la tasa oficial, que representa solamente el porcentaje que se aplica a la base imponible. Para calcular la tasa total de impuesto, el monto de impuesto a liquidar se divide entre los beneficios comerciales.

Los beneficios comerciales son en esencia el beneficio neto antes de impuestos. Difiere del beneficio estándar antes de impuesto reportado en los estados financieros. En el cálculo del beneficio antes de impuestos, muchos de los impuestos soportados por la empresa son deducidos. En el cálculo del beneficio comercial, estos impuestos no se deducen. El beneficio comercial da una imagen clara del beneficio real de la empresa antes del pago de todos los impuestos que la empresa soporta durante el año fiscal. Los beneficios comerciales se definen como las ventas menos los costos de las mercancías vendidas, menos los salarios brutos, menos los gastos administrativos, menos otros gastos deducibles menos las provisiones deducibles, más las ganancias de capital (de la venta de propiedades), menos los gastos de intereses, más los ingresos de interés y menos la depreciación comercial. Para computar la depreciación comercial, se aplica un método lineal de depreciación con las siguientes tasas: 0% para el terreno, 5% para el edificio, 10% para la maquinaria, 33% para las computadoras, 20% para los equipos de oficina, 20% para el camión y 10% para gastos de desarrollo de la empresa. El supuesto sobre el gasto de intereses cambió este año: se redujo el importe de este gasto. Por tanto, los beneficios comerciales ahora son 59,4 veces el ingreso per cápita, en vez de 57,8 veces.

La metodología es coherente con el cálculo de impuesto total que emplea PricewaterhouseCoopers. La contribución fiscal total mide los impuestos asociados a las empresas que afectan sus estados financieros, según la metodología de Doing Business. No obstante, PricewaterhouseCoopers basa



sus cálculos en datos sobre las empresas más grandes del país, mientras de Doing Business se centra en sociedades estándar de tamaño medio.

**Tabla 2.137** Impuestos y contribuciones nacionales y locales

Ciudad	Impuestos Nacionales			Impuestos Locales			Tasa total impuestos (% Ganancia)
	A las Ganancias	Laborales y contribuciones	Otros impuestos	Industria y comercio	Predial	Sobre el combustible	
Armenia	24,3	33,9	0,2	17,7	1,9	0,6	78,6
Barranquilla	24,3	33,9	0,2	12,4	1,7	0,6	73,1
Bogotá	24,3	33,9	0,2	20,2	0,0	0,2	78,8
Bucaramanga	24,3	33,9	0,2	10,6	2,5	0,6	72,1
Cali	24,3	33,9	0,2	11,7	2,1	0,6	72,8
Cartagena	24,3	33,9	0,2	12,4	2,3	0,6	73,7
Cúcuta	24,3	33,9	0,2	7,1	2,4	0,6	68,5
Ibagué	24,3	33,9	0,2	6,2	1,5	0,6	66,7
Manizales	24,3	33,9	0,2	8,0	2,0	0,6	69,0
Medellín	24,3	33,9	0,2	12,4	2,6	0,6	74,0
Montería	24,3	33,9	0,2	8,8	2,2	0,6	70,0
Neiva	24,3	33,9	0,2	8,8	2,2	0,6	70,0
Pasto	24,3	33,9	0,2	10,6	0,8	0,6	70,4
Pereira	24,3	33,9	0,2	6,0	1,7	0,6	66,7
Popayán	24,3	33,9	0,2	10,6	1,3	0,2	70,5
Riohacha	24,3	33,9	0,2	10,6	1,8	0,6	71,4
Santa Marta	24,3	33,9	0,2	17,7	0,8	0,6	77,5
Sincelejo	24,3	33,9	0,2	5,3	1,8	0,6	66,1
Tunja	24,3	33,9	0,2	7,1	1,4	0,7	67,6
Valledupar	24,3	33,9	0,2	11,5	2,2	0,6	72,7
Villavicencio	24,3	33,9	0,2	8,8	1,1	0,6	68,9

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3. ¿Cómo ha mejorado la facilidad que ofrecen las principales ciudades colombianas para hacer negocios según Doing Business 2010 – 2013?

#### 1. Recomendaciones de DOING BUSINESS Colombia

**Tabla 3.1:** Recomendaciones de Doing Business Colombia según variables consideradas

Variable	¿Qué reformar?
Apertura de un negocio	Implementación de Centros de Atención Empresarial (CAE)
	Implementar la Ventanilla única
	Unificación de la afiliación a las entidades de la seguridad social
	Centralizar la inscripción
	Publicitar las reformas
	Promover los servicios electrónicos.
Obtención de permisos de construcción	Permitir solicitudes en línea Para la autorización de Los planes de obra y de las Conexiones a los servicios públicos
	Racionalizar los impuestos y Compartir las mejores prácticas a nivel local
	Racionalización de inspecciones
	Implicar a las partes Interesadas en el proceso de Reforma
Registro de propiedades	Eliminar la necesidad de Certificados especiales (como el Paz y salvo predial y paz y salvo De valorización) o permitir su Disponibilidad electrónica
	Combinar trámites y permitir el Pago electrónico
	Introducir tarifas bajas Preestablecidas e intentar Reducir los impuestos Municipales de estampillas
	Mejorar la implantación del Sistema de información registro (SIR) y ampliar la ventanilla Única de registro (VUR) a otras Ciudades
	Mejorar la eficiencia de Las oficinas de registro y Vincularlas a los catastros
Pago de impuestos	Eliminar la necesidad de Certificados especiales (como el Paz y salvo predial y paz y salvo De valorización) o permitir su Disponibilidad electrónica
	Proporcionar información más Transparente para facilitar el Cumplimiento
	Conseguir un cumplimiento más Sencillo a través de reformas a Mayor escala
	Crear sistemas electrónicos
	Promocionar los servicios de Ventanilla única

Fuente: Elaboración propia.

#### 2. ¿Qué se ha logrado con la implantación de reformas a nivel local y nacional?

Los gobiernos departamentales y municipales de Colombia han estado reformando activamente durante los 2 últimos años. Doing Business en Colombia identificó buenas prácticas en 13 ciudades, señaló los cuellos de botella y aportó recomendaciones de reforma. Dos años más tarde, este informe hace un seguimiento del progreso de las reformas en el tiempo. Los resultados son admirables: las 13 ciudades muestran mejoras en al menos una de las áreas analizadas, gracias a reformas realizadas a nivel local.

**Tabla 3.2:** Reformas a nivel local y nacional según variables del Doing Business

Ciudad	Reformas en ciudad o departamento			Implantación de reformas nacionales*		
	Apertura de un negocio	Registro de propiedades	Pago de impuestos	Apertura de un negocio	Registro de propiedades	Pago de impuestos
Barranquilla	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Δ		Δ
Bogotá	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Δ		Δ
Bucaramanga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Δ		Δ

Cali	□	□		Δ		Δ
Cartagena	□	□	□	Δ		Δ
Cúcuta	□			Δ		Δ
Manizales	□		□	Δ	Δ	Δ
Medellín	□	□	□	Δ		Δ
Neiva	□	□		Δ	Δ	Δ
Pereira	□	□		Δ	Δ	Δ
Popayán	□			Δ	Δ	Δ
Santa Marta	□			Δ	Δ	Δ
Villavicencio	□			Δ	Δ	Δ

□ Nivel local / Δ Nivel nacional / \* Reformas nacionales reflejadas por ciudad de Doing Business en Colombia

**Fuente: Base de datos de Doing Business**

**Tabla 3.3:** Reformas a nivel nacional según variable apertura de un negocio

Ciudad	Disminuyó los costos para registrar los libros societarios	Generalizó el uso de documentos privados para la constitución de sociedades	Agilizó el proceso de afiliación a la entidad promotora de salud	Agilizó el proceso de afiliación al fondo de pensiones público	Agilizó el proceso de afiliación a la Caja de Compensación Familiar
Barranquilla	Δ	Δ		Δ	
Bogotá	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Bucaramanga	Δ	Δ			
Cali	Δ	Δ		Δ	Δ
Cartagena	Δ	Δ	Δ	Δ	
Cúcuta	Δ	Δ	Δ	Δ	
Manizales	Δ	Δ	Δ		Δ
Medellín	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Neiva	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Pereira	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Popayán	Δ	Δ		Δ	Δ
Santa Marta	Δ	Δ	Δ		Δ
Villavicencio	Δ	Δ			Δ

**Fuente: Base de datos de Doing Business**

**Tabla 3.4:** Reformas a nivel local según variable apertura de un negocio

Ciudad	Completó la implantación de CAE	Combinó trámites en CAE	Suprimió el certificado de uso del suelo	Redujo el Costo de las estampillas	Suprimió el certificado del departamento de bomberos
Barranquilla		□	□		
Bogotá			□		
Bucaramanga		□	□		
Cali		□	□		
Cartagena		□	□		
Cúcuta	□		□		
Manizales	□		□		
Medellín		□	□		
Neiva	□		□	□	□
Pereira	□		□	□	
Popayán	□				
Santa Marta	□		□		
Villavicencio	□				

**Fuente: Base de datos de Doing Business**

### Logros obtenidos.

- ✓ Neiva inauguró un CAE (Centro de Atención empresarial) para la inscripción de empresas que conecta los gobiernos municipales y departamentales. Como resultado de sus reformas, Neiva ha suprimido 11 de los trámites para la apertura de empresas, incluidos los certificados sanitarios y del departamento de bomberos. Neiva también ha eliminado 2 de los trámites para registrar propiedades.
- ✓ Las reformas de Manizales y Pereira, ciudades situadas entre las 3 primeras de la clasificación, también han suprimido cuatro trámites para la apertura de una empresa.
- ✓ Medellín es también un buen ejemplo de un gobierno local que se esfuerza por aplicar las regulaciones existentes de un modo más eficiente, a la vez que elimina las obsoletas. Por ejemplo, en Medellín un CAE más eficiente y la eliminación del certificado de uso del suelo han suprimido 3 trámites para la apertura de empresas. Asimismo, el gobierno municipal ha contribuido a facilitar el registro de propiedades, al combinar 2 certificados en 1. El gobierno departamental ha suprimido la obligación de obtener un sello como confirmación del pago del impuesto de registro. **Algunas de estas reformas quedan reflejadas en la calidad de los servicios, más que en una mejor clasificación.** Por ejemplo, una buena práctica del municipio de Medellín es la inspección de todos los edificios nuevos para garantizar el cumplimiento de los requisitos de obtención de licencia de construcción. Pocas ciudades de Colombia hacen lo propio.

**Tabla 3.5:** Reformas a nivel local y nacional según variable registro de propiedades

Ciudad	Mejóro la eficiencia administrativa del registro de propiedades	Vinculó el registro de propiedades al Catastro	Redujo tarifas y/o tasas	Redujo tarifas y/o tasas	Combinó o eliminó trámites para obtener paz y salvos
Barranquilla					
Bogotá					□
Bucaramanga			□		
Cali					□
Cartagena					□
Cúcuta					
Manizales	Δ	Δ			
Medellín					□
Neiva	Δ	Δ			□
Pereira	Δ		□		
Popayán		Δ			
Santa Marta	Δ				
Villavicencio	Δ				

□ Nivel local / Δ Nivel nacional

**Fuente:** Base de datos de Doing Business

### Logros obtenidos.

Once de las 13 ciudades de ambos estudios muestran mejoras en el registro de propiedades. Medellín eliminó 2 trámites. Bogotá, Cali y Neiva también eliminaron 1 trámite relacionado con los certificados municipales, mientras que Bucaramanga y Pereira redujeron su costo. Las reformas administrativas en las Oficinas de Registro de Manizales, Pereira, Santa Marta y Villavicencio ahora permiten un registro de propiedades más ágil. Además, en Manizales, Neiva y Popayán, la Oficina de Registro y el catastro comparten ahora los datos, lo que ahorra al empresario la visita en persona al catastro.

**Tabla 3.6:** Reformas a nivel local y nacional según variable pago de impuestos

Ciudad	Redujo las tasas del impuesto sobre la renta	Introdujo el pago en línea	Agrupó las Contribuciones a la seguridad social	Consolidó el código tributario	Redujo las tasas de impuesto predial	Simplificó el trámite de pago de impuestos	Simplificó impuestos
Barranquilla	Δ	Δ	Δ			<input type="checkbox"/>	
Bogotá	Δ	Δ	Δ				
Bucaramanga	Δ	Δ	Δ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Cali	Δ	Δ	Δ				
Cartagena	Δ	Δ	Δ				<input type="checkbox"/>
Cúcuta	Δ	Δ	Δ				
Manizales	Δ	Δ	Δ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Medellín	Δ	Δ	Δ		<input type="checkbox"/>		
Neiva	Δ	Δ	Δ				
Pereira	Δ	Δ	Δ				
Popayán	Δ	Δ	Δ				
Santa Marta	Δ	Δ	Δ				
Villavicencio	Δ	Δ	Δ				

☐ Nivel local / Δ Nivel nacional

**Fuente:** Base de datos de Doing Business

#### **Logros obtenidos.**

También se están haciendo reformas a nivel municipal para el pago de impuestos. En 2008, Barranquilla redujo el número de categorías establecidas para el impuesto de industria y comercio (ICA) para simplificar la carga administrativa sobre las empresas. Bucaramanga revisó y unificó sus códigos tributarios para proporcionar información clara y concisa sobre el número de pagos anuales, las tasas de impuesto y las opciones de pago. Manizales y Medellín revisaron sus códigos tributarios municipales.

#### Anexo 4. El modelo DEA SBM-Max. Un ejemplo numérico

A continuación se muestran los datos correspondientes a dos entradas (Doctor y Enfermera) y dos salidas (Ambulatorio e Internado).

**Tabla 4.1** Configuración entrada de datos para correr el modelo DEA SBM-Max

DMU	(I)Doctor	(I)Nurse	(O)Outpatient	(O)Inpatient
A	20	151	100	90
B	19	131	150	50
C	25	160	160	55
D	27	168	180	72
E	22	158	94	66
F	55	255	230	90
G	33	235	220	88
H	31	206	152	80
I	30	244	190	100
J	50	268	250	100
K	53	306	260	147
L	38	273	250	133

Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 13.0) [20]

Una vez resuelto el modelo SBM-Min, se obtienen los resultados exhibidos a continuación:

**Tabla 4.2** Resultados obtenidos al resolver el modelo DEA SBM-Min

DMU	Score	Rank	Reference(Lambda)			
A	1	1	A	1		
B	1	1	B	1		
C	0.8265	8	B	0.449	L	0.371
D	1	1	D	1		
E	0.7277	11	B	0.667	L	0.246
F	0.6857	12	A	0.092	L	0.883
G	0.8765	6	B	0.16	L	0.784
H	0.7713	9	L	0.755		
I	0.9016	5	A	0.233	L	0.667
J	0.7653	10	B	0.152	L	0.909
K	0.8619	7	B	0.15	L	1.049
L	1	1	L	1		

Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 13.0) [20]

DEA-Solver-Pro encuentra cuatro DMU eficientes, es decir,  $R^{eff}(score = 1) = \{A, B, D, L\}$

A continuación se explicará el caso de la **DMU I** ineficiente, paso a paso.

**Paso 1, 2, 3:**  $\rho_I^{min} = 0.9016$ ,  $R_I^{local} = \{A, L\}$ ,  $R^{eff} = \{A, B, D, L\}$

**Paso 4:**  $\rho_I^{pseudo\ max} = 0.9016$

**Paso 5.1:** Distancias de las DMU eficientes son:

$d_A = 1.28816, d_B = 1.54030, d_D = 0.74411, D_L = 1.03131$ . Por lo tanto tenemos  $R_1 = \{D\}$ ,  $R_2\{D, L\}$ ,  $R_3 = \{D, L, A\}$ ,  $R_4 = \{D, L, A, B\}$

**Paso 5.2:** resolviendo los modelos respectivos [Max-2] encontramos:

$$\rho_{I1}^* = 0.859885, \rho_{I2}^* = 0.910900, \rho_{I3}^* = 0.921168, \rho_{I4}^* = 0.920198$$

**Paso 5.3:**

Con [SBM-Max] encontramos  $\rho_I^{max} = \max \{\rho_I^{pseudo\ max}, \rho_{I1}^*, \rho_{I2}^*, \rho_{I3}^*, \rho_{I4}^*\} = 0.921168 = \rho_{I3}^*$  con el conjunto de referencia  $R_3 = \{A, D, L\}$ . Su proyección es  $x_{1I}^* = 30, x_{2I}^* = 205.53, y_{1I}^* = 190, y_{2I}^* = 100$  con holguras  $s_1^- = 0, s_2^- = 38.47, s_1^+ = 0, s_2^+ = 0$ .

El modelo SBM-Min tiene  $\rho_I^{min} = 0.9016$  con holguras  $s_1^- = 0, s_2^- = 26.767, s_1^+ = 0, s_2^+ = 9.667$

Lo anterior indica que el modelo SBM-Min requiere una reducción de enfermeras en 26.767 y un aumento de pacientes hospitalizados en 9.667 para alcanzar el estado de eficiencia, mientras que el modelo SBM-Max requiere una reducción de enfermeras en 38.47 para alcanzar el estado de eficiencia.

A continuación se comparan los resultados con los puntajes SBM-Max, SBM-Pseudo y SBM-Min. Las DMU Ineficientes aumentaron su eficiencia de SBM-Min a SBM-Max.

**Tabla 4.3** Comparaciones entre puntajes SBM-Max, Pseudo-Max y SBM-Min

DMU	SBM-Max	Rank	Pseudo	Rank	SBM-Min	Rank
A	1	1	1	1	1	1
B	1	1	1	1	1	1
C	0.87507	8	0.855	8	0.8265	8
D	1	1	1	1	1	1
E	0.7682	11	0.7391	11	0.7277	11
F	0.72648	12	0.6868	12	0.6857	12
G	0.93688	5	0.9052	5	0.8765	6
H	0.80918	10	0.7714	10	0.7714	9
I	0.92117	6	0.9016	6	0.9016	5
J	0.81032	9	0.7898	9	0.7653	10
K	0.88894	7	0.8622	7	0.8619	7
L	1	1	1	1	1	1
Average	0.8947		0.8759		0.8681	
Max	1		1		1	
Min	0.7265		0.6868		0.6857	
St Dev	0.0982		0.1114		0.115	

Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 13.0) [20]

A continuación se muestra  $\rho_0^{pseudo\ max}, \rho_{01}^*, \dots, \rho_{04}^*$  para las DMU ineficientes. Las partes sombreadas indican el valor máximo. Los puntajes de SBM-Max se encuentran en varias etapas de  $R_h$ .

**Tabla 4.4** Valores pseudo-max para las DMU ineficientes

DMU	$\rho_0$	$\rho_{01}$	$\rho_{02}$	$\rho_{03}$	$\rho_{04}$
C	0.85495	0.87507	0.87507	0.87507	0.87507
E	0.73911	0.7682	0.7682	0.7682	0.7682

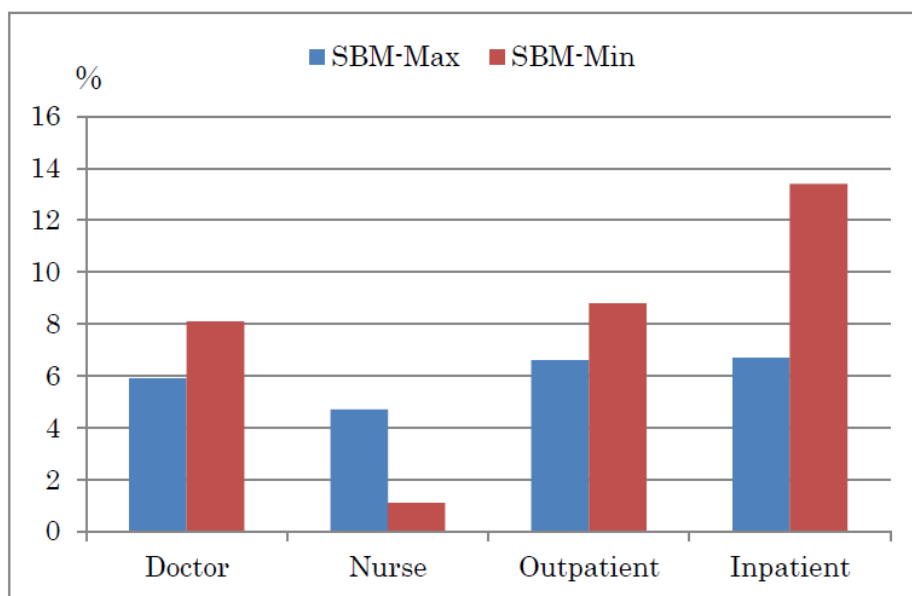
F	0.68681	0.68681	0.72648	0.72648	0.72648
G	0.90516	0.93688	0.93688	0.93688	0.93688
H	0.77135	0.80918	0.80918	0.80918	0.80918
I	0.90163	0.85989	0.9109	0.92117	0.92019
J	0.78982	0.75731	0.81032	0.81032	0.81032
K	0.86221	0.86221	0.86615	0.88894	0.88894

Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 13.0) [20]

### Comparaciones de diferencias promedio entre SBM-Max y SBM-Min.

La Figura 1 muestra el promedio de las desviaciones porcentuales,  $\left| \text{Data} - \text{Proyección} \right| * 100 / \text{Data}$ . Se observan grandes diferencias en SBM-Min, mientras que pequeñas diferencias en SBM-Max.

**Figura 4.1** Comparación de desviaciones promedio (%) entre SBM-Min y SBM-Max



Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 13.0) [20]

A continuación se presentan los datos y proyecciones junto con desviaciones (%) en el caso del modelo DEA SBM-Max.

**Tabla 4.5** Datos y proyección por SBM-Max

DM	Score	Rank	Doctores			Enfermeras			Paciente internado			Paciente ambulatorio		
			Data	Proj.	Diff (%)	Data	Proj.	Diff (%)	Data	Proj.	Diff (%)	Data	Proj.	Diff (%)
A	1	1	20	20	0	151	151	0	100	100	0	90	90	0
B	1	1	19	19	0	131	131	0	150	150	0	50	50	0
C	0.8751	8	25	25	0	160	155.6	-2.78	160	166.7	4.17	55	66.7	21.21
D	1	1	27	27	0	168	168	0	180	180	0	72	72	0
E	0.7682	11	22	20.9	-4.88	158	158	0	94	104.6	11.32	66	94.2	42.69
F	0.7265	12	55	34.5	-37.27	255	214.7	-15.82	230	230	0	90	92	2.22
G	0.9369	5	33	33	0	235	205.3	-12.62	220	220	0	88	88	0
H	0.8092	10	31	30	-3.23	206	186.7	-9.39	152	200	31.58	80	80	0



<b>I</b>	0.9212	6	30	30	0	244	205.5	-15.77	190	190	0	100	100	0
<b>J</b>	0.8103	9	50	43.1	-13.86	268	268	0	250	287.1	14.86	100	115	14.86
<b>K</b>	0.888	7	53	46.5	-12.26	306	306	0	260	289.1	11.2	147	147	0
<b>L</b>	1	1	38	38	0	273	273	0	250	250	0	133	133	0

Fuente: User's Guide to DEA-Solver-Pro (Professional Version 13.0) [20]

## Anexo 5. El informe DOING BUSINESS Colombia 2017 [31]

Doing Business en Colombia 2017 es el cuarto informe subnacional de la serie Doing Business en Colombia. El estudio actualiza la información publicada en 2013 para 21 localidades (no incluye Palmira y Dosquebradas), y recoge nuevos datos en 11, cubriendo por primera vez las 32 ciudades capitales de departamento. La información se refiere a 4 áreas de la regulación empresarial (no sufren cambio alguno con respecto a los informes 2010 y 2013), las cuales comparan el desempeño de las localidades entre sí y también con otras 189 economías del mundo.

### 1. Visión general

Doing Business en Colombia 2017 presenta por primera vez un diagnóstico comparativo sobre el ambiente regulatorio para hacer negocios en todo el territorio nacional en 4 áreas de la regulación empresarial: apertura de una empresa, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos.

Según la clasificación agregada de las 4 áreas medidas, hacer negocios es más fácil en Manizales, Pereira y Bogotá. Manizales y Pereira siguen ocupando los primeros lugares; Bogotá, avanzó paulatinamente desde 2010 hasta ubicarse en la tercera posición.

Entre 2013 y 2016, todas las ciudades menos Ibagué y Santa Marta avanzaron hacia la frontera de las mejores prácticas mundiales. Las ciudades con mayor progreso fueron Valledupar, Cúcuta, Leticia y Pereira. Entre ellas, Valledupar fue la ciudad que más avanzó, reformando en 3 de las 4 áreas.

### 2. Ciudades Consideradas

Para el informe Doing Business en Colombia 2017, se agregaron once nuevas ciudades: Arauca, Florencia, Inírida, Leticia, Mitú, Mocoa, Puerto Carreño, Quibdó, San Andrés, San José del Guaviare y Yopal. No son consideradas Palmira y Dosquebradas.

**Tabla 5.1** Ciudades consideradas en los informes DB 2010, 2013, 2017

Ciudad	Incluida en el informe			Clasificación DB 2017
	2010	2013	2017	
Manizales	X	X	X	1
Pereira	X	X	X	2
Bogotá	X	X	X	3
Medellín	X	X	X	4
Montería	X	X	X	5
Cúcuta	X	X	X	6
Valledupar	X	X	X	7
Neiva	X	X	X	8
Quibdó			X	9
Armenia	X	X	X	10
Villavicencio	X	X	X	11
Sincelejo	X	X	X	12
San Andrés			X	13
Yopal			X	14

Barranquilla	X	X	X	15
San José del Guaviare			X	16
Cartagena	X	X	X	17
Santa Marta	X	X	X	18
Bucaramanga	X	X	X	19
Popayán	X	X	X	20
Arauca			X	21
Tunja	X	X	X	22
Riohacha	X	X	X	23
Leticia			X	24
Inírida			X	25
Ibagué	X	X	X	26
Mitú			X	27
Puerto Carreño			X	28
Florencia			X	29
Cali	X	X	X	30
Pasto	X	X	X	31
Mocoa			X	32
Palmira	X	X		NA
Dosquebradas	X	X		NA

Fuente: Elaboración propia

### 3. Medida de distancia a la frontera

La medida de la distancia a la frontera ayuda a medir el nivel absoluto del desempeño regulatorio y su grado de mejora a través del tiempo. Esta medida muestra a qué distancia se encuentra cada economía de la “frontera”, la cual representa el mejor desempeño observado en cada uno de los indicadores y entre todas las economías de *Doing Business* desde 2005, o desde el tercer año en el cual se recopilaban datos para algún indicador.

Esto permite a los usuarios visualizar la brecha existente entre el desempeño de una determinada economía y la economía con el mejor desempeño en cualquier momento. También, estimar la variación absoluta del entorno regulatorio de esa economía a través del tiempo, de acuerdo al análisis de *Doing Business*.

#### 3.1 Cálculo de la medida de la distancia a la frontera (DTF)

La medida DTF se normaliza entre 0 y 100, donde 100 representa la frontera de las mejores prácticas (cuanto mayor sea el puntaje, mejor).

El cálculo de la medida de la distancia a la frontera para cada economía comprende dos etapas principales. En primer lugar, se normalizan los indicadores individuales para llevarlos a una unidad común, re-escalándose cada uno de los indicadores componentes y (exceptuando la tasa total de impuestos) mediante una transformación lineal  $(peor - y) / (peor - frontera)$ . En esta fórmula, la frontera representa el mejor desempeño en el indicador entre todas las economías desde 2005 o el tercer año desde que se comenzaron a recopilar los datos para el indicador. Los valores del mejor y peor desempeño se mantienen constantes por cinco años a partir de los datos de *Doing Business* correspondientes al año en que se estableció la frontera, independientemente de los cambios que ocurran en ese periodo de tiempo. Es decir, una economía pudo haber establecido la frontera de un indicador en un año aun cuando en el año siguiente haya bajado en su desempeño y no esté ya al nivel de la frontera.

Para las puntuaciones sobre el índice de derechos legales o de calidad de la administración de tierras, la frontera se establece sobre el mayor valor posible. Para la tasa total de impuestos —y de acuerdo con el uso de un umbral para el cálculo del ranking—, se considera la tasa total de impuestos del percentil 15 para todos los años hasta *Doing Business 2015* inclusive. Para el tiempo, se toma el menor tiempo registrado entre las economías de la muestra donde aplican los 3 principales impuestos: renta, impuesto sobre las ventas y contribuciones obligatorias o impuestos laborales.

En la misma fórmula, para mitigar los efectos de los valores atípicos extremos en las distribuciones de los datos re-escalados para la mayoría de los indicadores componentes (muy pocas economías necesitan 700 días para realizar los trámites de apertura de una empresa, pero muchas necesitan 9 días), el peor desempeño se calcula después de la eliminación de los datos atípicos.

La definición de datos atípicos se basa en la distribución para cada indicador componente. Para simplificar el proceso, se definieron dos reglas: se usa el percentil 95 para los indicadores con las distribuciones más dispersas (incluyendo el tiempo, el costo y el capital mínimo) y se usa el percentil 99 para el número de trámites.

En segundo lugar, para cada economía, las puntuaciones obtenidas en cada uno de los indicadores se agregan mediante un promedio simple para obtener una medida de la distancia a la frontera, primero para cada área y luego entre las distintas áreas medidas. Para *Doing Business en Colombia 2017*: apertura de una empresa, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos. Métodos de agregación más complejos— tales como los componentes principales y los componentes no observados— entregan una clasificación casi idéntica al promedio simple utilizado por *Doing Business*. Por lo tanto, *Doing Business* utiliza el método más simple: la ponderación de todas las áreas en forma equitativa y, para cada área, la asignación de igual ponderación a cada uno de los componentes. La puntuación obtenida por una economía en la distancia a la frontera se indica en una escala de 0 a 100, donde 0 representa el peor desempeño y 100 la frontera. Todos los cálculos de la distancia a la frontera se basan en un máximo de 5 decimales. Sin embargo, los cálculos de las clasificaciones en los indicadores y los cálculos de las clasificaciones en la facilidad para hacer negocios se basan en 2 decimales.

### **3.2 Tratamiento de la tasa total de impuestos**

La tasa total de impuestos para el indicador de pago de impuestos aplica un cálculo de la distancia a la frontera distinto al de los demás indicadores. La distancia a la frontera obtenida de la tasa total de impuestos se transforma de manera no-lineal antes de considerarla como parte del cálculo de la puntuación de la economía en el indicador. Como resultado de esa transformación no-lineal, un incremento en la tasa total de impuestos tiene un impacto menor en la puntuación de la distancia a la frontera del componente de la tasa total —y por consiguiente en la puntuación del indicador— para aquellas economías con una tasa promedio de impuestos menor de la que tendrían antes de que se adoptara esta fórmula en *Doing Business*. Y para economías con una tasa extrema de impuestos, es decir, que supera el promedio muy por encima, un incremento en la tasa total de impuestos tendrá un efecto mucho mayor tanto en la distancia a la frontera del componente de la tasa total de impuestos como en la del indicador de la que antes tendría. La transformación no-lineal no se basa en ninguna teoría de “tasa óptima de impuestos” que minimice las distorsiones o magnifique las eficiencias del sistema de impuestos de una determinada economía. La transformación no-lineal junto con la fijación de un umbral reducen las desviaciones del indicador hacia economías que no dependen del recaudo a empresas como la del estudio de caso de *Doing Business* porque cuentan con otras maneras de generar ingresos, por ejemplo, mediante impuestos a la inversión extranjera, o a sectores distintos a la manufactura o mediante la explotación de recursos naturales (escenarios que

están fuera de la metodología del indicador de pago de impuestos). Adicionalmente, reconoce la necesidad de recaudar impuestos de las firmas.

### 3.3 Clasificación agregada en la facilidad para hacer negocios

*Doing Business en Colombia 2017* clasifica de 1 a 32 las localidades medidas, en cuanto a su desempeño en 4 indicadores: apertura de una empresa, obtención de permisos de construcción, registro de propiedades y pago de impuestos. La clasificación se determina ordenando las puntuaciones agregadas con base en la distancia a la frontera, redondeadas a 2 decimales.

## 4. Nuevas variables, criterios e indicadores considerados en la metodología Doing Business 2017

Para el informe Doing Business en Colombia 2017, la metodología para el indicador Obtención de permisos de construcción fue actualizada. Los datos fueron ajustados para reflejar los cambios en la metodología que eliminan los trámites relativos a la conexión y suministro permanente de electricidad (debido a la introducción de un nuevo indicador sobre la obtención de electricidad que recoge ahora estos datos) e incluyen el nuevo índice de control de la calidad de la construcción con el mismo peso que los componentes de trámites, tiempo y costo.

Para el informe Doing Business en Colombia 2017, la metodología para el indicador Registro de propiedades fue actualizada. El indicador fue ampliado para incluir el nuevo índice de calidad del sistema de administración de tierras con el mismo peso que los componentes de trámites, tiempo y costo.

Para el informe Doing Business en Colombia 2017, la metodología para el indicador Pago de impuestos fue actualizada. El indicador fue ampliado para incluir el nuevo índice posterior a la declaración de impuestos.

**Tabla 5.2** Nuevas variables, criterios e indicadores considerados en la metodología Doing Business. 2017

Variable	Criterios (componentes)	Nuevo DB 2017	Frontera	Peor rendimiento
<b>7. Apertura de un negocio</b>	Trámites (número)		1	18
	Tiempo (días)		0,5	100
	Costo (% ingreso per cápita)		0	200
	Capital mínimo pagado (% ingreso per cápita)		0	400
<b>8. Obtención de permisos de construcción</b>	Trámites (número)		5	30
	Tiempo (días)		26	373
	Costo (% del valor de la bodega)		0	20
	Índice de control de calidad de la Construcción (0 –15)	Si 6 indicadores	15	0
<b>9. Registro de propiedades</b>	Procedimientos (número)		1	13
	Tiempo (días)		1	210
	Costo (% del valor de la propiedad)		0	15
	Índice de calidad de la administración de tierras (0–30)	Si 4 indicadores	30	0
<b>10. Pago de</b>	Pagos (número)		3	63

impuestos	Tiempo (horas año)		49	696
	Tasa de impuesto total (% del beneficio comercial)		26,1	84
	Índice posterior a la declaración de Impuestos (0–100)	Si 4 indicadores	100	0
Variable	Obtención de permisos de construcción			
Criterio	Índice de control de calidad de la Construcción (0 –15)			
Indicadores				
1	Índice de calidad de las normas de construcción (0–2)			
2	Índice de control de calidad antes de la construcción (0–1)			
3	Índice de control de calidad durante la construcción (0–3)			
4	Índice de control de calidad después de la construcción (0–3)			
5	Índice de regímenes de responsabilidad y seguros (0–2)			
6	Índice de certificaciones profesionales (0–4)			
Variable	Registro de propiedades			
Criterio	Índice de calidad de la administración de tierras (0–30)			
Indicadores				
1	Índice de fiabilidad de la infraestructura (0–8)			
2	Índice de transparencia de la información (0–6)			
3	Índice de cobertura geográfica (0–8)			
4	Índice de resolución de disputas sobre propiedades (0–8)			
Variable	Pago de impuestos			
Criterio	Índice posterior a la declaración de Impuestos (0–100)			
Indicadores				
1	Tiempo para cumplir con la devolución del IVA (o impuesto sobre bienes y servicios) (0 – 50)			
2	Tiempo para obtener la devolución del IVA (o impuesto sobre bienes y servicios) (3,2 – 55)			
3	Tiempo que conlleva cumplir con una auditoría relativa al impuesto sobre la renta de las empresas (1,5 – 56)			
4	Tiempo para finalizar una auditoría relativa al impuesto sobre la renta de las empresas (0 – 32)			

Fuente: Elaboración propia

## 5. Comparación de la clasificación de las ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios según Doing Business 2017 / DEA Super SBM-I-C.

### 5.1 Comparación de la clasificación de ciudades según DEA / Doing Business 2017 para las variables “Apertura de un negocio”, “Permisos de construcción”

CIUDAD	Apertura de un Negocio				Var	Permisos de construcción				Var
	DB17	DTF	DEA	Score		DB17	DTF	DEA	Score	
Manizales	4	85,80	4		0	1	74,04	2	1,09320175	+1
Pereira	1	86,06	2	1,04444444	+1	4	72,21	3	1,04786168	-1
Bogotá	8	85,31	8		0	10	68,37	10		0
Medellín	5	85,67	5		0	13	67,23	14		+1
Montería	18	80,28	17		-1	5	70,59	5	1,00456623	0
Cúcuta	3	85,85	1	1,29728877	-2	17	66,56	18		+1
Valledupar	19	80,01	18		-1	9	68,41	7		-2
Neiva	13	83,63	11		-2	12	67,76	16		+4

Quibdó	9	85,22	9		0	24	62,40	26		+2
Armenia	2	85,93	3		+1	28	58,45	28		0
Villavicencio	14	83,15	15		+1	26	60,29	27		+1
Sincelejo	10	84,79	12		+2	7	68,86	8		+1
San Andrés	22	77,59	24		+2	29	57,79	31		+2
Yopal	20	78,63	19		-1	8	68,50	9		+1
Barranquilla	6	85,53	6		0	19	65,78	15		-4
San José del Guaviare	24	76,41	23		-1	3	72,94	4	1,03502632	+1
Cartagena	11	84,55	16		+5	22	63,41	25		+3
Santa Marta	23	77,11	22		-1	11	68,07	11		0
Bucaramanga	15	82,18	14		-1	30	57,71	29		-1
Popayán	21	77,85	21		0	25	61,71	23		-2
Arauca	16	81,76	13		-3	14	67,12	17		+3
Tunja	28	72,25	31		+3	15	66,97	13		-2
Riohacha	25	75,17	25		0	20	65,63	21		+1
Leticia	26	75,05	27		+1	20	65,63	20		0
Inírida	32	68,76	29		-3	2	73,34	1	1,15452436	-1
Ibagué	12	83,83	10		-2	32	47,71	30		-2
Mitú	31	70,28	32		+1	16	66,77	12		-4
Puerto Carreño	30	70,52	26		-4	6	69,94	6		0
Florencia	27	74,17	28		+1	18	66,22	19		+1
Cali	6	85,53	7		+1	31	50,68	32		+1
Pasto	17	80,59	20		+3	27	58,56	24		-3
Mocoa	29	72,12	30		+1	23	63,30	22		-1

**5.2 Comparación de la clasificación de ciudades según DEA / Doing Business 2017 para las variables “Registro de propiedades”, “Pago de impuestos”**

CIUDAD	Registro de propiedades				Var	Pago de impuestos				Var
	DB17	DTF	DEA	Score		DB17	DTF	DEA	Score	
Manizales	1	71,54	1	1,07493369	0	7	62,36	8		+1
Pereira	4	70,04	5		+1	19	59,58	20		+1
Bogotá	2	71,32	2	1,01851852	0	20	59,08	19		-1
Medellín	7	68,26	11		+4	14	61,05	14		0
Montería	5	69,50	9		+4	15	60,98	17		+2
Cúcuta	18	64,82	20		+2	5	62,42	6		+1
Valledupar	3	70,53	4		+1	24	58,69	24		0
Neiva	15	65,64	19		+4	18	60,18	15		-3
Quibdó	16	65,49	12		-4	4	62,47	5		+1
Armenia	9	67,44	14		+5	2	63,00	3	1,00232875	+1
Villavicencio	8	67,92	7		-1	6	62,39	7		+1
Sincelejo	23	61,76	13		-10	28	58,06	29		+1
San Andrés	24	61,62	22		-2	1	76,34	1	1,17741935	0
Yopal	10	66,72	10		0	27	58,32	27		0
Barranquilla	27	61,15	29		+2	25	58,63	25		0
San José del Guaviare	26	61,23	25		-1	21	59,06	21		0
Cartagena	20	62,74	30		+10	26	58,45	26		0
Santa Marta	17	65,25	17		0	29	57,46	32		+3
Bucaramanga	14	65,80	15		+1	11	61,64	11		0
Popayán	13	65,86	18		+5	10	61,66	10		0
Arauca	25	61,28	23		-2	30	56,78	28		-2
Tunja	11	66,23	6		-5	17	60,8	18		+1
Riohacha	11	66,23	16		+5	22	58,93	22		0
Leticia	28	60,63	27		-1	9	61,83	9		0

Inírida	29	59,64	3	1,01149748	-26	12	61,35	12		0
Ibagué	6	68,77	8		+2	13	61,27	13		0
Mitú	21	61,91	26		+5	8	62,14	2	1,00918485	-6
Puerto Carreño	30	59,27	31		+1	15	60,98	16		+1
Florencia	32	56,35	32		0	3	62,91	4		+1
Cali	19	63,40	21		+2	23	58,77	23		0
Pasto	21	61,91	24		+3	32	56,71	31		-1
Mocoa	31	58,31	28		-3	31	56,76	30		-1

### 5.3 Comparación de la clasificación de ciudades según DEA / Doing Business 2017

Clasificación de ciudades					
CIUDAD	DB17	DTF	DEA	Score	Var
Manizales	1	73,43	2	1,13658241	+1
Pereira	2	71,97	9	1,02483269	+7
Bogotá	3	71,02	18	1,00575171	+15
Medellín	4	70,55	25		+21
Montería	5	70,34	12	1,01909894	+7
Cúcuta	6	69,91	1	1,17233694	-5
Valledupar	7	69,41	10	1,02363395	+3
Neiva	8	69,31	23	1,00340752	+15
Quibdó	9	68,90	16	1,01116838	+7
Armenia	10	68,70	11	1,02009664	+1
Villavicencio	11	68,44	19	1,00470416	+8
Sincelejo	12	68,37	20	1,00464762	+8
San Andrés	13	68,34	4	1,04461587	-9
Yopal	14	68,04	15	1,01234777	+1
Barranquilla	15	67,77	29		+14
San José del Guaviare	16	67,41	7	1,02980463	-9
Cartagena	17	67,29	32		+15
Santa Marta	18	66,97	26		+8
Bucaramanga	19	66,83	24	1,00091973	+5
Popayán	20	66,77	17	1,00779615	-3
Arauca	21	66,73	5	1,0385042	-16
Tunja	22	66,56	14	1,0160471	-8
Riohacha	23	66,49	28		+5
Leticia	24	65,78	27		+3
Inírida	25	65,77	3	1,10817111	-22
Ibagué	26	65,39	13	1,01814203	-13
Mitú	27	65,28	6	1,02996132	-21
Puerto Carreño	28	65,18	8	1,02614107	-20
Florencia	29	64,91	22	1,00345567	-7
Cali	30	64,59	30		0
Pasto	31	64,44	31		0
Mocoa	32	62,62	21	1,00392493	-11

Una vez comparados los resultados obtenidos (DEA /Doing Business 2017), se determina que el modelo DEA Super SBM-I-C se recomienda como metodología alterna para la clasificación de las ciudades colombianas según las facilidades que ofrecen para hacer negocios), a partir de la estructura de variables y criterios propuesta por el Doing Business 2017.

La varianza de la clasificación de ciudades DEA respecto a Doing Business 2017 es muy alta debido a la discrepancia existente para algunas ciudades. En el caso de la clasificación según cada



una de las cuatro variables, la varianza es significativamente menor, debido que a lo sumo tres ciudades presentan alta discrepancia en las clasificaciones.

Lo anterior puede explicarse a partir de la forma como estiman ambas metodologías (DEA, Doing Business), la clasificación de ciudades. DEA no estima promedios, busca los mejores ponderadores; situación que si sucede para el caso del Doing Business. Lo anterior se reafirma al observar que la mayor varianza se presenta en la clasificación general, la cual es estimada por el Doing Business 2017 a partir del promedio de las distancias a la frontera (DTF) de las cuatro variables. En contraste, la clasificación según cada una de las variables presenta menor varianza, esto considerando en el caso del Doing Business que la clasificación es obtenida a partir de la distancia a la frontera (no utiliza promedio), mientras que DEA estima la frontera de eficiencia relativa.

También se observa que para la clasificación de ciudades DEA determina que 24 de estas pueden considerarse eficientes ( $\text{score} \geq 1$ ); mientras las restantes se consideran ineficientes; sin embargo Doing Business no considera a ninguna de las 32 ciudades como eficiente ( $\text{DTF} < 100$  para todos los casos). Lo anterior puede explicarse dado que Doing Business 2017 establece como parámetro de eficiencia una “distancia a la frontera”, la cual representa el mejor desempeño observado en cada uno de los indicadores y entre todas las economías de Doing Business desde 2005, o desde el tercer año en el cual se recopilaron datos para algún indicador; mientras DEA estima la frontera de eficiencia relativa entre las ciudades en consideración.

Es importante resaltar que Doing Business 2017 realiza un tratamiento diferencial para la ciudad de San Andrés al momento de calcular la distancia a la frontera para el criterio denominado “Índice posterior a la declaración de Impuestos”, el cual hace parte de la variable “Pago de impuestos”. Al estimar la distancia a la frontera para el criterio en mención solo considera los indicadores: Tiempo que conlleva cumplir con una auditoría relativa al impuesto sobre la renta de las empresas, Tiempo para finalizar una auditoría relativa al impuesto sobre la renta de las empresas, excluyendo los indicadores: Tiempo para cumplir con la devolución del IVA, Tiempo para obtener la devolución del IVA. La situación descrita permite que la ciudad de San Andrés se ubique en la posición 13, cuando de no presentarse tal situación ocuparía el puesto 26 en la clasificación Doing Business 2017.

## Anexo 6. Salida de resultados para el análisis de ciudades Colombianas, según las facilidades que ofrecen para hacer negocios (Modelo DEA CCR\_I)

A continuación se presenta de manera tabular la salida obtenida a partir de la ejecución del paquete DEA – Solver - PRO (Professional Version 7.0), la cual se ha organizado para facilitar el análisis de la misma dentro del documento principal de este proyecto.

Se incluyen los datos de entrada (DMU, inputs), score, ranking, inputs DMU eficiente, peso de los inputs, peso ponderado de los inputs, exceso de los inputs y conjunto referencia de las DMU. Inicialmente se dispone la salida DEA correspondiente para cada una de las cuatro variables, y finalmente la salida DEA para el análisis global de las ciudades.

**Tabla 6.1** Análisis de la variable “Apertura de un negocio 2010”, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	8	12	13,2	1,00000	1				0,125	0,000	0,000
2	Barranquilla	9	17	14,9	0,88969	13	8,007	15,125	13,225	0,016	0,000	0,057
3	Bogotá	9	20	14,3	0,92168	8	8,295	18,434	13,143	0,017	0,000	0,059
4	Bucaramanga	9	38	18,9	0,88889	14	8,000	33,778	16,807	0,111	0,000	0,000
5	Cali	11	13	14,5	0,91682	9	10,085	11,919	13,270	0,000	0,025	0,047
6	Cartagena	11	27	19,4	0,72727	23	8,000	19,636	14,133	0,091	0,000	0,000
7	Cúcuta	10	15	14,8	0,88344	16	8,834	13,252	13,073	0,000	0,007	0,060
8	Ibagué	10	17	14,2	0,91179	10	9,118	15,500	12,907	0,017	0,000	0,059
9	Manizales	9	10	14,3	1,00000	1				0,046	0,046	0,009
10	Medellín	9	12	15,6	0,91014	11	8,191	10,922	14,189	0,029	0,028	0,026
11	Montería	15	20	14,8	0,84985	20	12,748	16,997	12,614	0,000	0,007	0,058
12	Neiva	8	8	29,2	1,00000	1				0,125	0,000	0,000
13	Pasto	11	19	12,4	1,00000	1				0,018	0,000	0,064
14	Pereira	8	11	14,3	1,00000	1				0,125	0,000	0,000
15	Popayán	12	28	14,8	0,85292	19	10,235	23,882	12,587	0,016	0,000	0,055
16	Riohacha	12	32	14,6	0,86019	18	10,322	27,526	12,562	0,016	0,000	0,055
17	Santa Marta	9	10	14,7	0,99649	6	8,968	9,965	14,609	0,046	0,045	0,009
18	Sincelejo	12	18	14,4	0,88626	15	10,635	15,953	12,742	0,000	0,007	0,060
19	Tunja	16	30	14,6	0,84703	21	13,553	25,411	12,368	0,000	0,000	0,068
20	Valledupar	14	24	14,2	0,87346	17	12,228	20,963	12,368	0,000	0,000	0,071
21	Villavicencio	10	11	17,6	0,89173	12	8,917	9,809	15,699	0,000	0,075	0,010
22	Dosquebradas	12	37	15,0	0,84378	22	10,125	31,220	12,618	0,016	0,000	0,054
23	Palmira	9	11	14,7	0,95924	7	8,633	10,552	14,091	0,031	0,030	0,027

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.2** Análisis de la variable “Apertura de un negocio 2010”, DEA CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Armenia	1,00				
2	0,148	0,000	0,852	0,000	3,108	0,000	Armenia	1,00				
3	0,153	0,000	0,847	0,000	5,745	0,000	Armenia	0,90	Pasto	0,10		
4	1,000	0,000	0,000	0,000	21,778	3,580	Armenia	1,00				
5	0,000	0,321	0,679	2,044	0,000	0,000	Armenia	0,96	Manizales	0,04		
6	1,000	0,000	0,000	0,000	7,636	0,905	Armenia	1,00				
7	0,000	0,111	0,889	0,298	0,000	0,000	Armenia	0,82	Pasto	0,18		

8	0,168	0,000	0,832	0,000	0,892	0,000	Armenia	0,63	Pasto	0,37		
9	0,413	0,455	0,131	0,000	0,000	0,000	Manizales	1,00				
10	0,263	0,337	0,400	0,000	0,000	0,000	Armenia	0,11	Manizales	0,19	Pereira	0,70
11	0,000	0,142	0,858	2,606	0,000	0,000	Armenia	0,29	Pasto	0,71		
12	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Neiva	1,00				
13	0,203	0,000	0,797	0,000	0,000	0,000	Pasto	1,00				
14	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Pereira	1,00				
15	0,189	0,000	0,811	0,000	6,667	0,000	Armenia	0,25	Pasto	0,75		
16	0,190	0,000	0,810	0,000	10,107	0,000	Armenia	0,23	Pasto	0,77		
17	0,412	0,454	0,134	0,000	0,000	0,000	Manizales	0,97	Neiva	0,02	Pereira	0,01
18	0,000	0,133	0,867	0,941	0,000	0,000	Armenia	0,44	Pasto	0,56		
19	0,000	0,000	1,000	2,553	6,411	0,000	Pasto	1,00				
20	0,000	0,000	1,000	1,228	1,963	0,000	Pasto	1,00				
21	0,000	0,823	0,177	0,013	0,000	0,000	Manizales	0,90	Neiva	0,10		
22	0,187	0,000	0,813	0,000	14,261	0,000	Armenia	0,29	Pasto	0,71		
23	0,277	0,326	0,398	0,000	0,000	0,000	Armenia	0,18	Manizales	0,63	Pereira	0,18

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.3** Análisis de la variable “Apertura de un negocio 2013”, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	9	10	6,7	1,00000	1				0,111	-	-
2	Barranquilla	11	20	7,6	0,88310	13	9,714	17,662	6,712	-	-	0,132
3	Bogotá	10	16	7,6	0,90000	10	9,000	14,400	6,797	0,100	-	-
4	Bucaramanga	9	11	12,0	1,00000	1				0,111	-	-
5	Cali	9	11	7,8	1,00000	1				0,111	-	-
6	Cartagena	9	14	7,6	1,00000	1				0,111	-	-
7	Cúcuta	12	18	8,3	0,80997	22	9,720	14,580	6,712	-	-	0,121
8	Ibagué	10	11	7,6	0,90909	8	9,091	10,000	6,874	-	0,091	-
9	Manizales	10	12	7,6	0,90000	10	9,000	10,800	6,847	0,100	-	-
10	Medellín	10	11	8,7	0,90909	8	9,091	10,000	7,908	-	0,091	-
11	Montería	15	18	9,2	0,73221	23	10,983	13,180	6,712	-	-	0,109
12	Neiva	9	10	22,6	1,00000	1				0,111	-	-
13	Pasto	11	18	7,7	0,87087	15	9,580	15,676	6,712	-	-	0,130
14	Pereira	9	11	7,7	1,00000	1				0,111	-	-
15	Popayán	14	22	7,9	0,85007	19	11,901	18,702	6,712	-	-	0,127
16	Riohacha	13	22	7,8	0,86351	17	11,226	18,997	6,712	-	-	0,129
17	Santa Marta	9	11	7,6	1,00000	1				0,111	-	-
18	Sincelejo	11	18	7,6	0,88114	14	9,693	15,861	6,712	-	-	0,131
19	Tunja	17	34	7,8	0,85907	18	14,604	29,209	6,712	-	-	0,128
20	Valledupar	17	23	7,8	0,86476	16	14,701	19,889	6,712	-	-	0,129
21	Villavicencio	11	13	10,9	0,81818	21	9,000	10,636	8,901	0,091	-	-
22	Dosquebradas	14	40	8,0	0,84356	20	11,810	33,742	6,712	-	-	0,126
23	Palmira	10	13	7,8	0,90000	10	9,000	11,700	7,049	0,100	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.4** Análisis de la variable “Apertura de un negocio 2013”, DEA CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	1	0	0	0,000	0,000	0,000	Armenia	1				
2	0	0	1	0,714	7,662	0,000	Armenia	1				

3	1	0	0	0,000	4,400	0,085	Armenia	1				
4	1	0	0	0,000	1,000	5,326	Armenia	1				
5	1	0	0	0,000	1,000	1,042	Armenia	1				
6	1	0	0	0,000	4,000	0,840	Armenia	1				
7	0	0	1	0,720	4,580	0,000	Armenia	1				
8	0	1	0	0,091	0,000	0,163	Armenia	1				
9	1	0	0	0,000	0,800	0,136	Armenia	1				
10	0	1	0	0,091	0,000	1,196	Armenia	1				
11	0	0	1	1,983	3,180	0,000	Armenia	1				
12	1	0	0	0,000	0,000	15,885	Armenia	1				
13	0	0	1	0,580	5,676	0,000	Armenia	1				
14	1	0	0	0,000	1,000	0,945	Armenia	1				
15	0	0	1	2,901	8,702	0,000	Armenia	1				
16	0	0	1	2,226	8,997	0,000	Armenia	1				
17	1	0	0	0,000	1,000	0,933	Armenia	1				
18	0	0	1	0,693	5,861	0,000	Armenia	1				
19	0	0	1	5,604	19,209	0,000	Armenia	1				
20	0	0	1	5,701	9,889	0,000	Armenia	1				
21	1	0	0	0,000	0,636	2,189	Armenia	1				
22	0	0	1	2,810	23,742	0,000	Armenia	1				
23	1	0	0	0,000	1,700	0,337	Armenia	1				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.5** Análisis de la variable “Obtención de permisos de construcción 2010”, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	12	64	85,7	1	1				0,0218	0,0102	0,0010
2	Barranquilla	9	114	144,6	1	1				0,1111	-	-
3	Bogotá	9	47	354,0	1	1				0,1111	-	-
4	Bucaramanga	14	119	86,1	0,90180	18	12,625	107,31	77,690	0,0344	-	0,0060
5	Cali	14	122	120,1	0,76345	22	10,688	93,140	91,662	0,0511	0,0002	0,0022
6	Cartagena	10	80	349,0	0,90000	19	9,000	72,000	314,13	0,1000	-	-
7	Cúcuta	10	73	161,1	0,93720	16	9,372	68,416	151,00	0,0556	0,0047	0,0006
8	Ibagué	10	184	98,8	1	1				0,0778	-	0,0022
9	Manizales	9	72	168,8	1	1				0,1111	-	-
10	Medellín	9	164	190,7	1	1				0,1111	-	-
11	Montería	11	74	108,5	0,94087	15	10,350	69,625	102,04	0,0629	0,0003	0,0027
12	Neiva	13	84	75,5	1	1				0,0382	-	0,0067
13	Pasto	11	116	120,4	0,90210	17	9,923	104,64	108,63	0,0603	0,0003	0,0025
14	Pereira	11	66	87,0	1	1				0,0545	-	0,0046
15	Popayán	13	64	143,4	0,94994	14	12,349	60,796	136,24	-	0,0137	0,0009
16	Riohacha	11	80	101,9	0,95597	12	10,516	76,477	97,422	0,0639	0,0003	0,0027
17	Santa Marta	9	75	133,5	1	1				0,1111	-	-
18	Sincelejo	11	81	102,5	0,95415	13	10,496	77,286	97,814	0,0638	0,0003	0,0027
19	Tunja	13	91	76,9	0,99096	11	12,882	90,177	76,216	0,0378	-	0,0066
20	Valledupar	10	119	159,7	0,90000	19	9,000	107,10	143,71	0,1000	-	-
21	Villavicencio	11	114	154,0	0,83215	21	9,154	94,865	128,15	0,0647	-	0,0019
22	Dosquebradas	10	65	120,0	1	1				0,0570	0,0032	0,0018
23	Palmira	14	105	200,2	0,67039	23	9,385	70,391	134,20	0,0398	0,0034	0,0004

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.6** Análisis de la variable “Obtención de permisos de construcción 2010”, DEA CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1)	VX(2)	VX(3)	S-(1)	S-(2)	S-(3)						
1	0,2614	0,6554	0,0832				Armenia	1,00				
2	1,0000				39,0	11,1	Santa Marta	1,00				
3	1,0000						Bogotá	1,00				
4	0,4822		0,5178		26,7		Neiva	0,81	Pereira	0,19		
5	0,7148	0,0264	0,2588				Ibagué	0,23	Pereira	0,73	Santa Marta	0,04
6	1,0000					145,4	Manizales	1,00				
7	0,5563	0,3466	0,0971				Bogotá	0,10	Santa Marta	0,53	Dosquebradas	0,37
8	0,7779		0,2221				Ibagué	1,00				
9	1,0000					11,7	Bogotá	0,11	Santa Marta	0,89		
10	1,0000				89,0	57,3	Santa Marta	1,00				
11	0,6921	0,0197	0,2881				Ibagué	0,01	Pereira	0,67	Santa Marta	0,32
12	0,4965		0,5035				Neiva	1,00				
13	0,6636	0,0297	0,3067				Ibagué	0,30	Pereira	0,31	Santa Marta	0,39
14	0,5995		0,4005				Pereira	1,00				
15		0,8757	0,1243	0,9			Armenia	0,81	Bogotá	0,19		
16	0,7032	0,0217	0,2751				Ibagué	0,07	Pereira	0,72	Santa Marta	0,21
17	1,0000						Santa Marta	1,00				
18	0,7019	0,0219	0,2762				Ibagué	0,08	Pereira	0,71	Santa Marta	0,21
19	0,4920		0,5080		7,2		Neiva	0,94	Pereira	0,06		
20	1,0000				32,1	10,2	Santa Marta	1,00				
21	0,7121		0,2879		3,1		Ibagué	0,15	Santa Marta	0,85		
22	0,5704	0,2101	0,2194				Dosquebradas	1,00				
23	0,5571	0,3566	0,0863				Bogotá	0,03	Santa Marta	0,59	Dosquebradas	0,39

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.7** Análisis de la variable “Obtención de permisos de construcción 2013”, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	10	62	79,1	1	1				0,061	-	0,005
2	Barranquilla	9	114	144,8	0,88889	15	8,000	101,33	128,73	0,111	-	-
3	Bogotá	8	46	312,0	1	1				0,125	-	-
4	Bucaramanga	11	101	80,7	0,93746	13	10,312	94,68	75,696	0,054	-	0,005
5	Cali	10	95	135,1	0,80000	20	8,000	76,000	108,07	0,100	-	-
6	Cartagena	8	78	296,3	1	1				0,125	-	-
7	Cúcuta	9	69	198,1	0,88889	15	8,968	61,333	176,06	0,111	-	-
8	Ibagué	9	138	92,4	0,99642	10	8,000	122,67	82,138	0,061	-	0,005
9	Manizales	8	39	156,9	1	1				0,125	-	-
10	Medellín	8	119	175,9	1	1				0,125	-	-
11	Montería	9	71	96,7	0,97622	11	8,786	69,312	94,36	0,060	-	0,005
12	Neiva	13	84	75,7	0,94999	12	12,350	79,799	71,889	-	0,004	0,009
13	Pasto	10	115	111,5	0,86334	19	8,633	99,28	96,27	0,053	-	0,004
14	Pereira	8	63	104,2	1	1				0,125	-	-
15	Popayán	11	62	124,1	0,86528	18	9,518	53,647	107,38	-	0,010	0,003
16	Riohacha	11	80	83,9	0,92290	14	10,152	73,832	77,452	0,054	-	0,005
17	Santa Marta	8	74	121,7	1	1				0,125	-	-
18	Sincelejo	13	83	119,2	0,73446	22	9,548	60,960	87,572	0,028	0,005	0,002
19	Tunja	11	89	68,2	1	1				0,058	-	0,005

20	Valledupar	9	118	136,8	0,88889	15	8,000	104,89	121,60	0,111	-	-
21	Villavicencio	10	113	139,0	0,80000	20	8,000	90,400	111,21	0,100	-	-
22	Dosquebradas	8	63	110,4	1	1				0,125	-	-
23	Palmira	11	101	279,9	0,72727	23	8,000	73,455	203,56	0,091	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.8** Análisis de la variable “Obtención de permisos de construcción 2013”, DEA CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1)	VX(2)	VX(3)	S-(1)	S-(2)	S-(3)						
1	0,613	0,000	0,387	0,00	0,00	0,00	Armenia	1,00				
2	1,000	0,000	0,000	0,00	38,33	24,51	Santa Marta	1,00				
3	1,000	0,000	0,000	0,00	7,00	155,05	Bogotá	1,00				
4	0,599	0,000	0,401	0,00	24,26	0,00	Neiva	0,81	Pereira	0,19		
5	1,000	0,000	0,000	0,00	13,00	3,85	Ibagué	0,23	Pereira	0,73	Santa Marta	0,04
6	1,000	0,000	0,000	0,00	39,00	139,38	Manizales	1,00				
7	1,000	0,000	0,000	0,00	22,33	19,11	Bogotá	0,10	Santa Marta	0,53	Dosquebradas	0,37
8	0,550	0,000	0,450	0,00	74,99	0,00	Ibagué	1,00				
9	1,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	Bogotá	0,11	Santa Marta	0,89		
10	1,000	0,000	0,000	0,00	80,00	18,93	Santa Marta	1,00				
11	0,539	0,000	0,461	0,00	6,70	0,00	Ibagué	0,01	Pereira	0,67	Santa Marta	0,32
12	0,000	0,311	0,689	1,69	0,00	0,00	Neiva	1,00				
13	0,530	0,000	0,470	0,00	36,60	0,00	Ibagué	0,30	Pereira	0,31	Santa Marta	0,39
14	1,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	Pereira	1,00				
15	0,000	0,628	0,372	0,24	0,00	0,00	Armenia	0,81	Bogotá	0,19		
16	0,590	0,000	0,410	0,00	7,73	0,00	Ibagué	0,07	Pereira	0,72	Santa Marta	0,21
17	1,000	0,000	0,000	0,00	18,95	0,00	Santa Marta	1,00				
18	0,370	0,381	0,249	0,00	0,00	0,00	Ibagué	0,08	Pereira	0,71	Santa Marta	0,21
19	0,639	0,000	0,361	0,00	0,00	0,00	Neiva	0,94	Pereira	0,06		
20	1,000	0,000	0,000	0,00	41,89	17,37	Santa Marta	1,00				
21	1,000	0,000	0,000	0,00	27,40	6,98	Ibagué	0,15	Santa Marta	0,85		
22	1,000	0,000	0,000	0,00	2,80	0,00	Dosquebradas	1,00				
23	1,000	0,000	0,000	0,00	34,45	46,61	Bogotá	0,03	Santa Marta	0,59	Dosquebradas	0,39

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.9** Análisis de la variable “Registro de propiedades 2010”, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	11	18	2,6	0,78261	19	8,609	14,087	2,060	0,043	0,029	-
2	Barranquilla	13	18	4,0	0,72000	22	9,360	12,960	2,897	0,040	0,027	-
3	Bogotá	7	20	2,0	1,00000	1				0,143	-	-
4	Bucaramanga	13	21	2,5	0,77365	20	10,057	16,247	1,898	-	-	0,408
5	Cali	11	25	2,1	0,88727	13	9,760	22,182	1,898	-	-	0,468
6	Cartagena	12	35	2,7	0,70465	23	8,456	24,663	1,898	-	-	0,371
7	Cúcuta	13	26	2,1	0,88702	15	11,531	23,062	1,898	-	-	0,467
8	Ibagué	8	15	1,9	1,00000	1				0,091	0,018	-
9	Manizales	10	12	2,0	1,00000	1				0,056	0,037	-
10	Medellín	10	22	2,3	0,81397	16	8,140	17,907	1,898	-	-	0,429
11	Montería	12	27	2,0	0,93721	11	11,247	25,305	1,898	-	-	0,494
12	Neiva	11	17	3,4	0,80597	17	8,866	13,701	2,750	0,045	0,030	-
13	Pasto	11	37	2,0	0,96392	8	10,603	35,665	1,898	-	-	0,508

14	Pereira	11	19	1,9	0,97645	6	10,741	18,553	1,898	-	-	0,514
15	Popayán	11	29	2,0	0,93662	12	10,303	27,162	1,898	-	-	0,494
16	Riohacha	9	26	2,0	0,96052	10	8,645	24,974	1,898	-	-	0,506
17	Santa Marta	11	17	2,7	0,80597	17	8,866	13,701	2,155	0,045	0,030	-
18	Sincelejo	11	15	2,0	0,96504	7	10,615	14,476	1,910	-	0,010	0,431
19	Tunja	10	20	1,9	0,98238	5	9,824	19,648	1,898	-	-	0,518
20	Valledupar	11	16	2,0	0,96058	9	10,566	15,369	1,898	-	-	0,506
21	Villavicencio	11	30	2,5	0,75971	21	8,357	22,791	1,898	-	-	0,400
22	Dosquebradas	12	20	1,9	0,98414	4	11,810	19,683	1,898	-	-	0,519
23	Palmira	12	27	2,1	0,88716	14	10,646	23,953	1,898	-	-	0,467

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.10** Análisis de la variable “Registro de propiedades 2010”, DEA CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	0,478	0,522	0,000	0,000	0,000	0,141	Ibagué	0,6957	Manizales	0,304		
2	0,520	0,480	0,000	0,000	0,000	0,953	Ibagué	0,32	Manizales	0,68		
3	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Bogotá	1				
4	0,000	0,000	1,000	2,057	1,247	0,000	Ibagué	1				
5	0,000	0,000	1,000	1,760	7,182	0,000	Ibagué	1				
6	0,000	0,000	1,000	0,456	9,663	0,000	Ibagué	1				
7	0,000	0,000	1,000	3,531	8,062	0,000	Ibagué	1				
8	0,727	0,273	0,000	0,000	0,000	0,000	Ibagué	1				
9	0,556	0,444	0,000	0,000	0,000	0,000	Manizales	1				
10	0,000	0,000	1,000	0,140	2,907	0,000	Ibagué	1				
11	0,000	0,000	1,000	3,247	10,305	0,000	Ibagué	1				
12	0,493	0,507	0,000	0,000	0,000	0,822	Ibagué	0,567	Manizales	0,433		
13	0,000	0,000	1,000	2,603	20,665	0,000	Ibagué	1				
14	0,000	0,000	1,000	2,741	3,553	0,000	Ibagué	1				
15	0,000	0,000	1,000	2,303	12,162	0,000	Ibagué	1				
16	0,000	0,000	1,000	0,645	9,974	0,000	Ibagué	1				
17	0,493	0,507	0,000	0,000	0,000	0,228	Ibagué	0,567	Manizales	0,433		
18	0,000	0,147	0,853	2,266	0,000	0,000	Ibagué	0,825	Manizales	0,175		
19	0,000	0,000	1,000	1,824	4,648	0,000	Ibagué	1				
20	0,000	0,000	1,000	2,566	0,369	0,000	Ibagué	1				
21	0,000	0,000	1,000	0,357	7,791	0,000	Ibagué	1				
22	0,000	0,000	1,000	3,810	4,683	0,000	Ibagué	1				
23	0,000	0,000	1,000	2,646	8,953	0,000	Ibagué	1				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.11** Análisis de la variable “Registro de propiedades 2013”, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	11	18	2,6	0,73398	21	8,074	13,212	1,909	0,0296	0,0078	0,2051
2	Barranquilla	12	17	4,0	0,70732	22	8,488	12,024	2,830	0,0488	0,0244	-
3	Bogotá	7	15	2,0	1	1				0,1429	-	-
4	Bucaramanga	13	21	2,4	0,76617	19	9,960	16,090	1,851	-	-	0,4139
5	Cali	13	32	2,1	0,87134	13	11,327	27,883	1,851	-	-	0,4707
6	Cartagena	12	33	2,6	0,70153	23	8,418	23,150	1,851	-	-	0,3789
7	Cúcuta	12	27	2,1	0,88906	11	10,669	24,005	1,851	-	-	0,4802
8	Ibagué	8	15	1,9	1	1				0,0404	0,0107	0,2794

9	Manizales	9	11	1,9	1	1					0,0690	0,0345	-
10	Medellín	10	22	2,2	0,82634	14	8,263	18,180	1,851	-	-		0,4464
11	Montería	12	27	2,0	0,92445	9	11,093	24,960	1,851	-	-		0,4993
12	Neiva	11	17	3,4	0,74359	20	8,179	12,641	2,518	0,0513	0,0256	-	
13	Pasto	10	36	1,9	0,96838	6	9,684	34,862	1,851	-	-		0,5231
14	Pereira	11	19	2,4	0,76750	17	8,442	14,582	1,852	-	0,0008		0,4079
15	Popayán	11	29	2,0	0,92366	10	10,160	26,786	1,851	-	-		0,4989
16	Riohacha	9	26	1,9	0,95450	7	8,590	24,817	1,851	-	-		0,5156
17	Santa Marta	11	17	2,4	0,76691	18	8,436	13,037	1,863	0,0310	0,0082		0,2143
18	Sincelejo	13	17	2,0	0,94464	8	12,280	16,059	1,851	-	-		0,5103
19	Tunja	10	20	1,9	0,97236	5	9,724	19,447	1,851	-	-		0,5252
20	Valledupar	9	13	1,9	0,99488	4	8,954	12,934	1,855	-	0,0011		0,5288
21	Villavicencio	10	29	2,3	0,80378	15	8,038	23,310	1,851	-	-		0,4342
22	Dosquebradas	11	19	2,4	0,76817	16	8,450	14,595	1,852	-	0,0008		0,4083
23	Palmira	12	27	2,1	0,87145	12	10,457	23,529	1,851	-	-		0,4707

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.12** Análisis de la variable “Registro de propiedades 2013”, DEA CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	0,325875	0,140718	0,533407	0	0	0	Bogotá	0,373	Ibagué	0,18	Manizales	0,447
2	0,585366	0,414634	0	0	0	0,936	Bogotá	0,256	Manizales	0,744		
3	1	0	0	0	0	0	Bogotá	1				
4	0	0	1	1,96	1,09	0	Ibagué	1				
5	0	0	1	3,327	12,88	0	Ibagué	1				
6	0	0	1	0,418	8,15	0	Ibagué	1				
7	0	0	1	2,669	9,005	0	Ibagué	1				
8	0,322895	0,159765	0,51734	0	0	0	Ibagué	1				
9	0,62069	0,37931	0	0	0	0	Manizales	1				
10	0	0	1	0,263	3,18	0	Ibagué	1				
11	0	0	1	3,093	9,96	0	Ibagué	1				
12	0,564103	0,435897	0	0	0	0,603	Bogotá	0,41	Manizales	0,59		
13	0	0	1	1,684	19,86	0	Ibagué	1				
14	0	1,55E-02	0,984453	0,338	0	0	Ibagué	0,896	Manizales	0,104		
15	0	0	1	2,16	11,79	0	Ibagué	1				
16	0	0	1	0,59	9,817	0	Ibagué	1				
17	0,340493	0,138862	0,520645	0	0	0	Bogotá	0,055	Ibagué	0,455	Manizales	0,491
18	0	0	1	4,28	1,059	0	Ibagué	1				
19	0	0	1	1,724	4,447	0	Ibagué	1				
20	0	1,38E-02	0,986211	0,437	0	0	Ibagué	0,483	Manizales	0,517		
21	0	0	1	0,038	8,31	0	Ibagué	1				
22	0	1,56E-02	0,984439	0,349	0	0	Ibagué	0,899	Manizales	0,101		
23	0	0	1	2,457	8,529	0	Ibagué	1				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.13** Análisis de la variable “Pago de impuestos 2010”, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	28	67,22		0,993638	11	27,822	66,794		0,00047	0,01468	
2	Barranquilla	22	72,21		0,928231	19	20,421	67,032		0,00044	0,01371	
3	Bogotá	21	76,72		0,874622	23	18,367	67,098		0,00041	0,01292	



4	Bucaramanga	16	70,95		1	1				0,06250	-	
5	Cali	28	71,89		0,929864	18	26,036	66,852		0,00044	0,01374	
6	Cartagena	22	72,51		0,924461	20	20,338	67,034		0,00044	0,01366	
7	Cúcuta	22	70,49		0,950724	14	20,916	67,016		0,00045	0,01405	
8	Ibagué	16	67,94		1	1				0,06250	-	
9	Manizales	27	69,56		0,961057	13	25,949	66,854		0,00046	0,01420	
10	Medellín	28	72,78		0,918677	22	25,723	66,862		0,00044	0,01357	
11	Montería	16	69,56		1	1				0,06250	-	
12	Neiva	22	69,67		0,96176	12	21,159	67,008		0,00046	0,01421	
13	Pasto	28	70,65		0,946009	15	26,488	66,837		0,00045	0,01398	
14	Pereira	30	66,72		1	1				0,00047	0,01477	
15	Popayán	16	70,78		1	1				0,06250	-	
16	Riohacha	21	71,09		0,943248	16	19,808	67,051		0,00045	0,01394	
17	Santa Marta	22	72,76		0,921296	21	20,269	67,037		0,00044	0,01361	
18	Sincelejo	16	67,17		1	1				0,06250	-	
19	Tunja	16	72,96		1	1				0,06250	-	
20	Valledupar	16	72,59		1	1				0,06250	-	
21	Villavicencio	16	69,78		1	1				0,06250	-	
22	Dosquebradas	16	68,12		1	1				0,06250	-	
23	Palmira	33	71,29		0,935901	17	30,885	66,725		-	0,01403	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.14** Análisis de la variable “Pago de impuestos 2010”, DEA CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	0,0132	0,9868		0,000	0,000		Pereira	0,844	Sincelejo	0,156		
2	0,0097	0,9903		0,000	0,000		Pereira	0,316	Sincelejo	0,684		
3	0,0087	0,9913		0,000	0,000		Pereira	0,169	Sincelejo	0,831		
4	1,0000	-		0,000	3,776		Sincelejo	1				
5	0,0123	0,9877		0,000	0,000		Pereira	0,717	Sincelejo	0,283		
6	0,0096	0,9904		0,000	0,000		Pereira	0,31	Sincelejo	0,69		
7	0,0099	0,9901		0,000	0,000		Pereira	0,351	Sincelejo	0,649		
8	1,0000	-		0,000	0,764		Sincelejo	1				
9	0,0123	0,9877		0,000	0,000		Pereira	0,711	Sincelejo	0,289		
10	0,0122	0,9878		0,000	0,000		Pereira	0,694	Sincelejo	0,306		
11	1,0000	-		0,000	2,385		Sincelejo	1				
12	0,0100	0,9900		0,000	0,000		Pereira	0,368	Sincelejo	0,632		
13	0,0125	0,9875		0,000	0,000		Pereira	0,749	Sincelejo	0,251		
14	0,0142	0,9858		0,000	0,000		Pereira	1				
15	1,0000	-		0,000	3,610		Sincelejo	1				
16	0,0094	0,9906		0,000	0,000		Pereira	0,272	Sincelejo	0,728		
17	0,0096	0,9904		0,000	0,000		Pereira	0,305	Sincelejo	0,695		
18	1,0000	-		0,000	0,000		Sincelejo	1				
19	1,0000	-		0,000	5,784		Sincelejo	1				
20	1,0000	-		0,000	5,420		Sincelejo	1				
21	1,0000	-		0,000	2,610		Sincelejo	1				
22	1,0000	-		0,000	0,947		Sincelejo	1				
23	-	1,0000		0,885	0,000		Pereira	1				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.15** Análisis de la variable “Pago de impuestos 2013”, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	22	66,53		1	1				0,00061	0,01483	
2	Barranquilla	16	72,00		0,928024	21	14,848	66,820		0,00056	0,01376	
3	Bogotá	10	76,15		1	1				0,10000	-	
4	Bucaramanga	10	70,30		1	1				0,10000	-	
5	Cali	22	71,89		0,926279	23	20,378	66,594		0,00056	0,01374	
6	Cartagena	16	71,88		0,929542	20	14,873	66,819		0,00056	0,01379	
7	Cúcuta	16	69,81		0,956902	16	15,310	66,801		0,00058	0,01419	
8	Ibagué	10	67,02		1	1				0,10000	-	
9	Manizales	10	68,89		1	1				0,10000	-	
10	Medellín	10	72,15		1	1				0,10000	-	
11	Montería	10	68,90		1	1				0,10000	-	
12	Neiva	16	67,89		0,983758	15	15,740	66,784		0,00060	0,01459	
13	Pasto	22	70,00		0,950996	17	20,922	66,572		0,00058	0,01410	
14	Pereira	21	66,64		0,998987	14	20,979	66,569		0,00061	0,01482	
15	Popayán	10	70,13		1	1				0,10000	-	
16	Riohacha	15	70,56		0,94737	18	14,211	66,846		0,00057	0,01405	
17	Santa Marta	16	72,14		0,926311	22	14,821	66,821		0,00056	0,01374	
18	Sincelejo	10	72,20		1	1				0,10000	-	
19	Tunja	10	72,34		1	1				0,10000	-	
20	Valledupar	10	71,96		1	1				0,10000	-	
21	Villavicencio	10	68,99		1	1				0,10000	-	
22	Dosquebradas	10	67,42		1	1				0,10000	-	
23	Palmira	22	71,57		0,930405	19	20,469	66,590		0,00056	0,01380	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.16** Análisis de la variable “Pago de impuestos 2013”, DEA CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S- (1)	X2 S-(2)	X3 S- (3)						
1	0,01335	0,98665		0,000	0,000		Armenia	1				
2	0,00901	0,99099		0,000	0,000		Armenia	0	Ibagué	1		
3	1,00000	-		0,000	9,134		Ibagué	1				
4	1,00000	-		0,000	3,284		Ibagué	1				
5	0,01237	0,98763		0,000	0,000		Armenia	1	Ibagué	0		
6	0,00903	0,99097		0,000	0,000		Armenia	0	Ibagué	1		
7	0,00929	0,99071		0,000	0,000		Armenia	0	Ibagué	1		
8	1,00000	-		0,000	0,000		Ibagué	1				
9	1,00000	-		0,000	1,867		Ibagué	1				
10	1,00000	-		0,000	5,133		Ibagué	1				
11	1,00000	-		0,000	1,878		Ibagué	1				
12	0,00955	0,99045		0,000	0,000		Armenia	0	Ibagué	1		
13	0,01270	0,98730		0,000	0,000		Armenia	1	Ibagué	0		
14	0,01273	0,98727		0,000	0,000		Armenia	1	Ibagué	0		
15	1,00000	-		0,000	3,112		Ibagué	1				
16	0,00862	0,99138		0,000	0,000		Armenia	0	Ibagué	1		
17	0,00899	0,99101		0,000	0,000		Armenia	0	Ibagué	1		
18	1,00000	-		0,000	5,180		Ibagué	1				
19	1,00000	-		0,000	5,321		Ibagué	1				
20	1,00000	-		0,000	4,943		Ibagué	1				

21	1,00000	-		0,000	1,974		Ibagué	1				
22	1,00000	-		0,000	0,405		Ibagué	1				
23	0,01242	0,98758		0,000	0,000		Armenia	1	Ibagué	0		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.17** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs											Score	Rank
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11		
1	Armenia	8	12	13,2	12	64	85,7	11	18	2,6	28	67,22	1	1
2	Barranquilla	9	17	14,9	9	114	144,6	13	18	4,0	22	72,21	1	1
3	Bogotá	9	20	14,3	9	47	354,0	7	20	2,0	21	76,72	1	1
4	Bucaramanga	9	38	18,9	14	119	86,1	13	21	2,5	16	70,95	1	1
5	Cali	11	13	14,5	14	122	120,1	11	25	2,1	28	71,89	0,96052	22
6	Cartagena	11	27	19,4	10	80	349,0	12	35	2,7	22	72,51	0,951722	23
7	Cúcuta	10	15	14,8	10	73	161,1	13	26	2,1	22	70,49	0,991057	20
8	Ibagué	10	17	14,2	10	184	98,8	8	15	1,9	16	67,94	1	1
9	Manizales	9	10	14,3	9	72	168,8	10	12	2,0	27	69,56	1	1
10	Medellín	9	12	15,6	9	164	190,7	10	22	2,3	28	72,78	1	1
11	Montería	15	20	14,8	11	74	108,5	12	27	2,0	16	69,56	1	1
12	Neiva	8	8	29,2	13	84	75,5	11	17	3,4	22	69,67	1	1
13	Pasto	11	19	12,4	11	116	120,4	11	37	2,0	28	70,65	1	1
14	Pereira	8	11	14,3	11	66	87,0	11	19	1,9	30	66,72	1	1
15	Popayán	12	28	14,8	13	64	143,4	11	29	2,0	16	70,78	1	1
16	Riohacha	12	32	14,6	11	80	101,9	9	26	2,0	21	71,09	1	1
17	Santa Marta	9	10	14,7	9	75	133,5	11	17	2,7	22	72,76	1	1
18	Sincelejo	12	18	14,4	11	81	102,5	11	15	2,0	16	67,17	1	1
19	Tunja	16	30	14,6	13	91	76,9	10	20	1,9	16	72,96	1	1
20	Valledupar	14	24	14,2	10	119	159,7	11	16	2,0	16	72,59	1	1
21	Villavicencio	10	11	17,6	11	114	154,0	11	30	2,5	16	69,78	1	1
22	Dosquebradas	12	37	15,0	10	65	120,0	12	20	1,9	16	68,12	1	1
23	Palmira	9	11	14,7	14	105	200,2	12	27	2,1	33	71,29	0,961561	21

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.18** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Inputs DMU eficiente										
			X1'	X2'	X3'	X4'	X5'	X6'	X7'	X8'	X9'	X10'	X11'
1	Armenia	1											
2	Barranquilla	1											
3	Bogotá	1											
4	Bucaramanga	1											
5	Cali	22	10,566	12,487	13,902	13,447	117,18	115,32	10,566	24,013	2,055	26,895	69,056
6	Cartagena	23	10,469	25,696	18,494	9,517	76,138	332,18	11,421	33,310	2,563	20,938	69,011
7	Cúcuta	20	9,911	14,866	14,666	9,911	72,347	159,68	12,884	25,767	2,121	21,803	69,859
8	Ibagué	1											
9	Manizales	1											
10	Medellín	1											
11	Montería	1											
12	Neiva	1											
13	Pasto	1											
14	Pereira	1											
15	Popayán	1											

16	Riohacha	1											
17	Santa Marta	1											
18	Sincelejo	1											
19	Tunja	1											
20	Valledupar	1											
21	Villavicencio	1											
22	Dosquebradas	1											
23	Palmira	21	8,654	10,577	14,126	13,462	100,96	192,49	11,539	25,962	2,057	31,732	68,554

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.19** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Peso de los Inputs										
			V(1)	V(2)	V(3)	V(4)	V(5)	V(6)	V(7)	V(8)	V(9)	V(10)	V(11)
1	Armenia	1	0,1250										
2	Barranquilla	1				0,1111							
3	Bogotá	1			0,0439	0,0415							
4	Bucaramanga	1	0,0152					0,0073			0,0751	0,0034	
5	Cali	22		0,0098	0,0416			0,0003			0,0632	0,0037	
6	Cartagena	23	0,0047			0,0401	0,0001					0,0040	0,0062
7	Cúcuta	20	0,0197	0,0007		0,0104	0,0006				0,0165	0,0069	0,0065
8	Ibagué	1			0,0341	0,0441		0,0008					
9	Manizales	1	0,0459	0,0455	0,0092								
10	Medellín	1				0,1111							
11	Montería	1										0,0625	
12	Neiva	1	0,1250										
13	Pasto	1	0,0185		0,0644								
14	Pereira	1	0,1250										
15	Popayán	1					0,0104	0,0004				0,0168	
16	Riohacha	1				0,0503	0,0007	0,0020	0,0202				
17	Santa Marta	1	0,0672	0,0168		0,0252							
18	Sincelejo	1					0,0001	0,0023		0,0505			
19	Tunja	1			0,0007	0,0350		0,0070					
20	Valledupar	1										0,0625	
21	Villavicencio	1										0,0625	
22	Dosquebradas	1			0,0245	0,0342	0,0032	0,0007					
23	Palmira	21		0,0081	0,0399						0,0495		0,0031

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.20** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Peso ponderado de los Inputs										
			VX(1)	VX(2)	VX(3)	VX(4)	VX(5)	X(6)	VX(7)	X(8)	VX(9)	VX(10)	VX(11)
1	Armenia	1	1,00000										
2	Barranquilla	1				1,00000							
3	Bogotá	1			0,62623	0,37377							
4	Bucaramanga	1	0,13652					0,62539			0,18412	0,05397	
5	Cali	22		0,12732	0,60200			0,03131			0,13518	0,10419	
6	Cartagena	23	0,05116			0,40105	0,00702					0,08890	0,45188
7	Cúcuta	20	0,19661	0,01120		0,10355	0,04192				0,03520	0,15086	0,46066
8	Ibagué	1			0,48207	0,44111		0,07682					
9	Manizales	1	0,41331	0,45528	0,13141								
10	Medellín	1				1,00000							
11	Montería	1										1,00000	

12	Neiva	1	1,00000										
13	Pasto	1	0,20298		0,79702								
14	Pereira	1	1,00000										
15	Popayán	1					0,66814	0,06381					0,26805
16	Riohacha	1				0,55299	0,05900	0,20597	0,18205				
17	Santa Marta	1	0,60504	0,16807		0,22689							
18	Sincelejo	1					0,00664	0,23566		0,75770			
19	Tunja	1			0,00955	0,45523		0,53522					
20	Valledupar	1											1,00000
21	Villavicencio	1											1,00000
22	Dosquebradas	1			0,36704	0,34224	0,21096	0,07975					
23	Palmira	21		0,08900	0,58680						0,10593		0,21827

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.21** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Exceso de los Inputs										
			S-(1)	S-(2)	S-(3)	S-(4)	S-(5)	S-(6)	S-(7)	S-(8)	S-(9)	S-(10)	S-(11)
1	Armenia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Barranquilla	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Bogotá	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Bucaramanga	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Cali	22	1,704	0	0	2,986	29,81	0	0,219	5,677	0	0	0,85946
6	Cartagena	23	0	2,09	3,857	0	0	191,4	0,343	16,94	0,475	0	0
7	Cúcuta	20	0	0	0,171	0	0	8,903	2,493	9,417	0	0	0
8	Ibagué	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Manizales	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Medellín	1	0	2	1,312	0	92	21,99	0	10	0,366	1	3,21693
11	Montería	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Neiva	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Pasto	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Pereira	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Popayán	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Riohacha	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Santa Marta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Sincelejo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Tunja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Valledupar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Villavicencio	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Dosquebradas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Palmira	21	0,026	0	0	3,54	31,31	55,51	1,15	11,29	0	3,86615	0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.22** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA CCR-I (continuación)

No.	Conjunto Referencia ( $\lambda_i$ )												
1	Armenia	1,000											
2	Barranquilla	1,000											
3	Bogotá	1,000											
4	Bucaramanga	1,000											
5	Armenia	0,156	Ibagué	0,122	Manizales	0,286	Pasto	0,110	Pereira	0,325			
6	Barranquilla	0,067	Ibagué	0,041	Manizales	0,408	Santa Marta	0,008	Dosquebradas	0,476			
7	Bogotá		Manizales		Pereira	0,120	Santa			0,286	Villavi-	0,024	Dosque- 0,050

		0,109		0,221			Marta	0,189	Sincelejo		cencio		bradas	
8	Ibagué	1,000												
9	Manizales	1,000												
10	Manizales	1,000												
11	Montería	1,000												
12	Neiva	1,000												
13	Pasto	1,000												
14	Pereira	1,000												
15	Popayán	1,000												
16	Riohacha	1,000												
17	Santa Marta	1,000												
18	Sincelejo	1,000												
19	Tunja	1,000												
20	Valledupar	1,000												
21	Villavicencio	1,000												
22	Dosquebradas	1,000												
23	Armenia	0,145	Manizales	0,611	Pasto	0,005	Pereira	0,238						

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.23** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA CCR-I

No.	DMU	Inputs											Score	Rank
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11		
1	Armenia	9	10	6,7	10	62	79,1	11	18	2,6	22	66,53	1	1
2	Barranquilla	11	20	7,6	9	114	144,8	12	17	4,0	16	72,00	0,961887	22
3	Bogotá	10	16	7,6	8	46	312,0	7	15	2,0	10	76,15	1	1
4	Bucaramanga	9	11	12,0	11	101	80,7	13	21	2,4	10	70,30	1	1
5	Cali	9	11	7,8	10	95	135,1	13	32	2,1	22	71,89	1	1
6	Cartagena	9	14	7,6	8	78	296,3	12	33	2,6	16	71,88	1	1
7	Cúcuta	12	18	8,3	9	69	198,1	12	27	2,1	16	69,81	0,971506	21
8	Ibagué	10	11	7,6	9	138	92,4	8	15	1,9	10	67,02	1	1
9	Manizales	10	12	7,6	8	39	156,9	9	11	1,9	10	68,89	1	1
10	Medellín	10	11	8,7	8	119	175,9	10	22	2,2	10	72,15	1	1
11	Montería	15	18	9,2	9	71	96,7	12	27	2,0	10	68,90	1	1
12	Neiva	9	10	22,6	13	84	75,7	11	17	3,4	16	67,89	1	1
13	Pasto	11	18	7,7	10	115	111,5	10	36	1,9	22	70,00	0,979679	20
14	Pereira	9	11	7,7	8	63	104,2	11	19	2,4	21	66,64	1	1
15	Popayán	14	22	7,9	11	62	124,1	11	29	2,0	10	70,13	1	1
16	Riohacha	13	22	7,8	11	80	83,9	9	26	1,9	15	70,56	1	1
17	Santa Marta	9	11	7,6	8	74	121,7	11	17	2,4	16	72,14	1	1
18	Sincelejo	11	18	7,6	13	83	119,2	13	17	2,0	10	72,20	1	1
19	Tunja	17	34	7,8	11	89	68,2	10	20	1,9	10	72,34	1	1
20	Valledupar	17	23	7,8	9	118	136,8	9	13	1,9	10	71,96	1	1
21	Villavicencio	11	13	10,9	10	113	139,0	10	29	2,3	10	68,99	1	1
22	Dosquebradas	14	40	8,0	8	63	110,4	11	19	2,4	10	67,42	1	1
23	Palmira	10	13	7,8	11	101	279,9	12	27	2,1	22	71,57	0,958335	23

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.24** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Inputs DMU eficiente										
			X1'	X2'	X3'	X4'	X5'	X6'	X7'	X8'	X9'	X10'	X11'
1	Armenia	1											
2	Barranquilla	22	10,581	19,238	7,311	8,657	109,66	139,31	11,543	16,352	3,849	15,390	69,258
3	Bogotá	1											
4	Bucaramanga	1											
5	Cali	1											
6	Cartagena	1											
7	Cúcuta	21	11,658	17,487	8,050	8,744	67,034	192,42	11,658	26,231	2,023	15,544	67,821
8	Ibagué	1											
9	Manizales	1											
10	Medellín	1											
11	Montería	1											
12	Neiva	1											
13	Pasto	20	10,776	17,634	7,550	9,797	112,66	109,25	9,797	35,268	1,873	21,553	68,580
14	Pereira	1											
15	Popayán	1											
16	Riohacha	1											
17	Santa Marta	1											
18	Sincelejo	1											
19	Tunja	1											
20	Valledupar	1											
21	Villavicencio	1											
22	Dosquebradas	1											
23	Palmira	23	9,583	12,458	7,506	10,542	96,79	268,23	11,500	25,875	2,036	21,083	68,589

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.25** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Peso de los Inputs										
			V(1)	V(2)	V(3)	V(4)	V(5)	V(6)	V(7)	V(8)	V(9)	V(10)	V(11)
1	Armenia	1	0,111										
2	Barranquilla	22			0,085	0,039		0,00003					
3	Bogotá	1				0,125							
4	Bucaramanga	1	0,111										
5	Cali	1	0,111										
6	Cartagena	1	0,111										
7	Cúcuta	21					0,0002				0,042		0,013
8	Ibagué	1				0,061		0,005	0,001				
9	Manizales	1				0,125							
10	Medellín	1		0,067		0,033							
11	Montería	1		0,003			0,004	0,003			0,187		
12	Neiva	1	0,111										
13	Pasto	20			0,099		0,000				0,119		
14	Pereira	1	0,111										
15	Popayán	1			0,000							0,100	
16	Riohacha	1				0,032	0,001	0,003	0,034				
17	Santa Marta	1	0,111										
18	Sincelejo	1			0,106		0,000	0,000			0,008	0,010	
19	Tunja	1				0,058		0,005					
20	Valledupar	1										0,100	
21	Villavicencio	1										0,100	

22	Dosquebradas	1			0,000	0,125							
23	Palmira	23	0,041		0,016		0,00009				0,085		0,004

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.26** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Peso ponderado de los Inputs										
			VX(1)	VX(2)	VX(3)	VX(4)	VX(5)	X(6)	VX(7)	X(8)	VX(9)	VX(10)	VX(11)
1	Armenia	1	1,0000										
2	Barranquilla	22			0,6422	0,3528		0,0049					
3	Bogotá	1				1,0000							
4	Bucaramanga	1	1,0000										
5	Cali	1	1,0000										
6	Cartagena	1	1,0000										
7	Cúcuta	21					0,0169				0,0864		0,8966
8	Ibagué	1				0,5449		0,4457	0,0094				
9	Manizales	1				1,0000							
10	Medellín	1		0,7333		0,2667							
11	Montería	1		0,0551			0,2885	0,2810			0,3753		
12	Neiva	1	1,0000										
13	Pasto	20			0,7668		0,0065				0,2267		
14	Pereira	1	1,0000										
15	Popayán	1										1,0000	
16	Riohacha	1				0,3493	0,1009	0,2423	0,3075				
17	Santa Marta	1	1,0000										
18	Sincelejo	1			0,8082		0,0279	0,0521			0,0154	0,0963	
19	Tunja	1				0,6389		0,3611					
20	Valledupar	1										1,0000	
21	Villavicencio	1										1,0000	
22	Dosquebradas	1				1,0000							
23	Palmira	23	0,4112		0,1272		0,0087				0,1797		0,2731

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.27** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Exceso de los Inputs										
			S-(1)	S-(2)	S-(3)	S-(4)	S-(5)	S-(6)	S-(7)	S-(8)	S-(9)	S-(10)	S-(11)
1	Armenia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Barranquilla	22	0,966	7,781	0	0	60,88	0	1,715	1,802	1,701	1,10718	0,97693
3	Bogotá	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Bucaramanga	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Cali	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Cartagena	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Cúcuta	21	1,957	5,996	0,437	0,533	0	64,81	2,272	12	0	2,26044	0
8	Ibagué	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Manizales	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Medellín	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Montería	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Neiva	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Pasto	20	0,803	6,425	0	1,006	0	1,975	1,482	21,13	0	11,2373	1,13368
14	Pereira	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Popayán	1	1,776	3,083	0,226	1,975	0	0	1,754	14,85	0,131	0	0,28175
16	Riohacha	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



17	Santa Marta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Sincelejo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Tunja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Valledupar	1	7	11,31	0,168	0,688	48,09	0	0,312	0,751	0,008	0	3,65877
21	Villavicencio	1	1	1,278	3,284	1,722	46,48	0	1,278	16,89	0,446	0	0,62559
22	Dosquebradas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Palmira	23	0	1,411	0	1,337	0	154,2	1,533	6,628	0	6,09665	0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.28** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Conjunto Referencia ( $\lambda_i$ )										
1	Armenia	1	Armenia	1,000									
2	Barranquilla	22	Armenia	0,328	Cartagena	0,057	Manizales	0,615					
3	Bogotá	1	Bogotá	1,000									
4	Bucaramanga	1	Bucaramanga	1,000									
5	Cali	1	Cali	1,000									
6	Cartagena	1	Cartagena	1,000									
7	Cúcuta	21	Ibagué	0,211	Manizales	0,491	Pereira	0,299					
8	Ibagué	1	Ibagué	1,000									
9	Manizales	1	Manizales	1,000									
10	Medellín	1	Medellín	1,000									
11	Montería	1	Montería	1,000									
12	Neiva	1	Neiva	1,000									
13	Pasto	20	Armenia	0,026	Ibagué	0,738	Manizales	0,236					
14	Pereira	1	Pereira	1,000									
15	Popayán	1	Ibagué	0,072	Manizales	0,610	Tunja	0,318					
16	Riohacha	1	Riohacha	1,000									
17	Santa Marta	1	Santa Marta	1,000									
18	Sincelejo	1	Sincelejo	1,000									
19	Tunja	1	Tunja	1,000									
20	Valledupar	1	Ibagué	0,312	Manizales	0,688							
21	Villavicencio	1	Ibagué	0,278	Manizales	0,722							
22	Dosquebradas	1	Dosquebradas	1,000									
23	Palmira	23	Armenia	0,137	Cali	0,266	Ibagué	0,398	Manizales	0,185	Pereira	0,013	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 7. Salida de resultados para el análisis de ciudades Colombianas, según las facilidades que ofrecen para hacer negocios (Modelo DEA SUPER CCR\_I)

A continuación se presenta de manera tabular la salida obtenida a partir de la ejecución del paquete DEA – Solver - PRO (Professional Version 7.0), la cual se ha organizado para facilitar el análisis de la misma dentro del documento principal de este proyecto.

Se incluyen los datos de entrada (DMU, inputs), score, ranking, inputs DMU eficiente, peso de los inputs, peso ponderado de los inputs, exceso de los inputs y conjunto referencia de las DMU. Inicialmente se dispone la salida DEA correspondiente para cada una de las cuatro variables, y finalmente la salida DEA para el análisis global de las ciudades.

De manera particular se incluyen las proyecciones de supereficiencia estimadas por el modelo DEA Super CCR-I sobre los inputs de las DMU discriminadas bajo esta condición (ciudades supereficientes (DMU) y proyección (cambio) de los inputs para las DMU supereficientes).

**Tabla 7.1** Análisis de la variable “Apertura de un negocio 2010”, DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	8	12	13,2	1,059328	3				0,035	-	0,054
2	Manizales	9	10	14,3	1,017857	5				-	0,033	0,047
3	Neiva	8	8	29,2	1,25	1				-	0,125	-
4	Pasto	11	19	12,4	1,069458	2				-	-	0,081
5	Pereira	8	11	14,3	1,025468	4				0,061	0,035	0,009

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.2** Análisis de la variable “Apertura de un negocio 2010”, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	0,282		0,718		0,446		Pasto	0,158	Pereira	0,842		
2		0,334	0,666	0,250			Armenia	0,089	Santa Marta	0,911		
3		1,000		1,000		22,173	Manizales	1,000				
4			1,000	3,764	8,320		Armenia	1,000				
5	0,488	0,386	0,126				Armenia	0,718	Manizales	0,204	Neiva	0,078

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.3** Ciudades supereficientes según la variable “Apertura de un negocio 2010”

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Pereira	1	1	Neiva	1,25
1	Armenia	1	2	Pasto	1,06945798971571
1	Pasto	1	3	Armenia	1,05932802524897
1	Neiva	1	4	Pereira	1,02546791533891
1	Manizales	1	5	Manizales	1,01785718639605

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.4** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Neiva	1,25	12,50%	25,00%	-51,04%

2	Pasto	1,06945798971571	-27,27%	-36,84%	6,95%
3	Armenia	1,05932802524897	5,93%	2,21%	5,93%
4	Pereira	1,02546791533891	2,55%	2,55%	2,55%
5	Manizales	1,01785718639605	-0,99%	1,79%	1,79%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.5** Análisis de la variable “Apertura de un negocio 2013”, DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	9	10	6,7	1,126512	1				-	0,0005	0,1483
2	Bucaramanga	9	11	12,0	1	2				0,1111	-	-
3	Cali	9	11	7,8	1	2				0,1111	-	-
4	Cartagena	9	14	7,6	1	2				0,1111	-	-
5	Neiva	9	10	22,6	1	2				0,1111	-	-
6	Pereira	9	11	7,7	1	2				0,1111	-	-
7	Santa Marta	9	11	7,6	1	2				0,1111	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.6** Análisis de la variable “Apertura de un negocio 2013”, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	0	0,0048	0,995241	0,227			Cartagena	0,09	Ibagué	0,91		
2	1	0	0		1,000	5,326	Armenia	1,00				
3	1	0	0		1,000	1,042	Armenia	1,00				
4	1	0	0		4,000	0,840	Armenia	1,00				
5	1	0	0			15,885	Armenia	1,00				
6	1	0	0		1,000	0,945	Armenia	1,00				
7	1	0	0		1,000	0,933	Armenia	1,00				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.7** Ciudades supereficientes según la variable “Apertura de un negocio 2013”

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Santa Marta	1	1	Armenia	1,12651175277417
1	Armenia	1	2	Santa Marta	1
1	Pereira	1	2	Pereira	1
1	Neiva	1	2	Neiva	1
1	Bucaramanga	1	2	Bucaramanga	1
1	Cali	1	2	Cali	1
1	Cartagena	1	2	Cartagena	1

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.8** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Armenia	1,12651175277417	10,13%	12,65%	12,65%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.9** Análisis de la variable “Obtención de permisos de construcción 2010”, Modelo DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	12	64	85,7	1,029893	6				-	0,014	0,001

2	Barranquilla	9	114	144,6	1	8				0,111	-	-
3	Bogotá	9	47	354,0	1,361702	1				-	0,021	-
4	Ibagué	10	184	98,8	1,034397	5				0,070	-	0,003
5	Manizales	9	72	168,8	1	8				0,111	-	-
6	Medellín	9	164	190,7	1	8				0,111	-	-
7	Neiva	13	84	75,5	1,035395	4				-	0,003	0,010
8	Pereira	11	66	87,0	1,053126	2				0,059	0,001	0,004
9	Santa Marta	9	75	133,5	1,051474	3				0,081	0,001	0,002
10	Dosquebradas	10	65	120,0	1,027571	7				0,048	0,006	0,001

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.10** Análisis de la variable “Obtención de permisos de construcción 2010”, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	-	0,913	0,087	1,368	0	0	Bogotá	0,005	Pereira	0,995		
2	1,000	-	-	0	39	11,13	Santa Marta	1,000				
3	-	1,000	-	0	0	381,7	Armenia	0,745	Popayán	0,255		
4	0,702	-	0,298	0	121,4	0	Pereira	0,672	Santa Marta	0,328		
5	1,000	-	-	0	0	0	Barranquilla	0,037	Bogotá	0,158	Santa Marta	0,805
6	1,000	-	-	0	50	46,15	Barranquilla	1,000				
7	-	0,265	0,735	0,609	0	0	Armenia	0,149	Tunja	0,851		
8	0,650	0,039	0,311	0	0	0	Armenia	0,850	Ibagué	0,035	Santa Marta	0,115
9	0,729	0,066	0,205	0	0	0	Barranquilla	0,241	Manizales	0,296	Dosquebradas	0,463
10	0,481	0,420	0,098	0	0	0	Bogotá	0,088	Pereira	0,638	Santa Marta	0,274

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.11** Ciudades supereficientes según la variable “Obtención de permisos de construcción 2010”

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Bogotá	1,36170212765957
1	Armenia	1	2	Pereira	1,05312648689821
1	Barranquilla	1	3	Santa Marta	1,0514740086895
1	Bogotá	1	4	Neiva	1,03539465701989
1	Santa Marta	1	5	Ibagué	1,03439749152833
1	Pereira	1	6	Armenia	1,02989269869626
1	Neiva	1	7	Dosquebradas	1,02757147411973
1	Medellín	1	8	Barranquilla	1
1	Ibagué	1	8	Medellín	1
1	Manizales	1	8	Manizales	1

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.12** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Bogotá	1,36170212765957	36,17%	36,17%	-71,64%
2	Pereira	1,05312648689821	5,31%	5,31%	5,31%
3	Santa Marta	1,0514740086895	5,15%	5,15%	5,15%
4	Neiva	1,03539465701989	-1,15%	3,54%	3,54%
5	Ibagué	1,03439749152833	3,44%	-62,53%	3,44%
6	Armenia	1,02989269869626	-8,41%	2,99%	2,99%
7	Dosquebradas	1,02757147411973	2,76%	2,76%	2,76%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.13** Análisis de la variable “Obtención de permisos de construcción 2013”, DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	10	62	79,1	1,160439	2				-	0,0084	0,0061
2	Bogotá	8	46	312,0	1	5				0,1250	-	-
3	Cartagena	8	78	296,3	1	5				0,1250	-	-
4	Manizales	8	39	156,9	1,354587	1				-	0,0201	0,0014
5	Medellín	8	119	175,9	1	5				0,1250	-	-
6	Pereira	8	63	104,2	1,026604	4				0,0676	0,0001	0,0043
7	Santa Marta	8	74	121,7	1	5				0,1250	-	-
8	Tunja	11	89	68,2	1,121519	3				0,0142	-	0,0124
9	Dosquebradas	8	63	110,4	1	5				0,1250	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.14** Análisis de la variable “Obtención de permisos de construcción 2013”, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	-	0,5209	0,4791	2,572	-	-	Pereira	0,656	Tunja	0,344		
2	1,0000	-	-	-	7,000	155,05	Manizales	1,000				
3	1,0000	-	-	-	39,000	139,38	Manizales	1,000				
4	-	0,7834	0,2166	1,983	-	-	Armenia	0,427	Bogotá	0,573		
5	1,0000	-	-	-	80,000	18,931	Manizales	1,000				
6	0,5410	0,0085	0,4505	-	-	-	Armenia	0,095	Ibagué	0,024	Dosquebradas	0,882
7	1,0000	-	-	-	11,000	17,464	Pereira	1,000				
8	0,1563	-	0,8437	-	20,679	-	Armenia	0,221	Neiva	0,779		
9	1,0000	-	-	-	-	6,155	Pereira	1,000				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.15** Ciudades supereficientes según la variable “Obtención de permisos de construcción 2013”

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Manizales	1,35458748513856
1	Armenia	1	2	Armenia	1,1604394369566
1	Tunja	1	3	Tunja	1,12151856189539
1	Bogotá	1	4	Pereira	1,02660441807708
1	Santa Marta	1	5	Dosquebradas	1
1	Pereira	1	5	Bogotá	1
1	Cartagena	1	5	Cartagena	1
1	Medellín	1	5	Santa Marta	1
1	Manizales	1	5	Medellín	1

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.16** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Manizales	1,35458748513856	10,67%	35,46%	35,46%
2	Armenia	1,1604394369566	-9,68%	16,04%	16,04%
3	Tunja	1,12151856189539	12,15%	-11,08%	12,15%
4	Pereira	1,02660441807708	2,66%	2,66%	2,66%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.17** Análisis de la variable “Registro de propiedades 2010”, DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Bogotá	7	20	2,0	1,142857	2				0,143	-	-
2	Ibagué	8	15	1,9	1,06422	3				0,073	0,028	-
3	Manizales	10	12	2,0	1,25	1				-	0,083	-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.18** Análisis de la variable “Registro de propiedades 2010”, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	1,000	-	-	0,000	7,857	0,439	Ibagué	1,000				
2	0,587	0,413	-	0,000	0,000	0,015	Bogotá	0,495	Manizales	0,505		
3	-	1,000	-	1,500	0,000	0,479	Sincelejo	1,000				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.19** Ciudades supereficientes según la variable “Registro de propiedades 2010”

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Manizales	1	1	Manizales	1,25
1	Ibagué	1	2	Bogotá	1,14285714
1	Bogotá	1	3	Ibagué	1,06422018

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.20** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Manizales	1,25	10,00%	25,00%	0,65%
2	Bogotá	1,14285714	14,29%	-25,00%	-7,16%
3	Ibagué	1,06422018	6,42%	6,42%	5,64%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.21** Análisis de la variable “Registro de propiedades 2013”, DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Bogotá	7	15	2,0	1,142857	2				0,143	-	-
2	Ibagué	8	15	1,9	1,031803	3				0,028	-	0,417
3	Manizales	9	11	1,9	1,181818	1				-	0,091	-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.22** Análisis de la variable “Registro de propiedades 2013”, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	1,000	-	-	0	2,14286	0,42954	Ibagué	1,000				
2	0,228	-	0,772	0	2,98588	0	Bogotá	0,373	Manizales	0,627		
3	-	1,000	-	1,63636	0	0,3324	Valledupar	1,000				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.23** Ciudades supereficientes según la variable “Registro de propiedades 2013”

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Manizales	1	1	Manizales	1,18181818181818

1	Ibagué	1	2	Bogotá	1,14285714285714
1	Bogotá	1	3	Ibagué	1,03180262608144

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.24** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Trámites	Tiempo	Costo
1	Manizales	1,18181818181818	0,00%	18,18%	0,30%
2	Bogotá	1,14285714285714	14,29%	0,00%	-7,24%
3	Ibagué	1,03180262608144	3,18%	-16,73%	3,18%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.25** Análisis de la variable “Pago de impuestos 2010”, DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Bucaramanga	16	70,95		1	3				0,063	-	
2	Ibagué	16	67,94		1	3				0,063	-	
3	Montería	16	69,56		1	3				0,063	-	
4	Pereira	30	66,72		1,006728	2				-	0,015	
5	Popayán	16	70,78		1	3				0,063	-	
6	Sincelejo	16	67,17		1,011149	1				0,001	0,015	
7	Tunja	16	72,96		1	3				0,063	-	
8	Valledupar	16	72,59		1	3				0,063	-	
9	Villavicencio	16	69,78		1	3				0,063	-	
10	Dosquebradas	16	68,12		1	3				0,063	-	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.26** Análisis de la variable “Pago de impuestos 2010”, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)	$(\lambda_i)$					
1	1,000	-		-	3,012		Ibagué	1,000				
2	1,000	-		-	0,764		Sincelejo	1,000				
3	1,000	-		-	1,621		Ibagué	1,000				
4	-	1,000		14,202	-		Sincelejo	1,000				
5	1,000	-		-	2,845		Ibagué	1,000				
6	0,020	0,980		-	-		Ibagué	0,987	Pereira	0,013		
7	1,000	-		-	2,008		Bucaramanga	1,000				
8	1,000	-		-	1,644		Bucaramanga	1,000				
9	1,000	-		-	1,846		Ibagué	1,000				
10	1,000	-		-	0,182		Ibagué	1,000				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.27** Ciudades supereficientes según la variable “Pago de impuestos 2010”

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Sincelejo	1,01114933193363
1	Villavicencio	1	2	Pereira	1,00672791177049
1	Valledupar	1	3	Dosquebradas	1
1	Tunja	1	3	Villavicencio	1
1	Bucaramanga	1	3	Bucaramanga	1
1	Sincelejo	1	3	Valledupar	1
1	Popayán	1	3	Tunja	1
1	Pereira	1	3	Popayán	1

1	Ibagué	1	3	Ibagué	1
1	Montería	1	3	Montería	1

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.28** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Pagos	Tasa total	
1	Sincelejo	1,01114933193363	1,11%	1,11%	
2	Pereira	1,00672791177049	-46,67%	0,67%	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.29** Análisis de la variable “Pago de impuestos 2013”, DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs			Score	Rank	Inputs DMU eficiente			Peso de los Inputs		
		X1	X2	X3			X1'	X2'	X3'	V1(X1)	V2(X2)	V3(X3)
1	Armenia	22	66,53		1,001642	2				-	0,015	
2	Bogotá	10	76,15		1	3				0,100	-	
3	Bucaramanga	10	70,30		1	3				0,100	-	
4	Ibagué	10	67,02		1,005982	1				0,001	0,015	
5	Manizales	10	68,89		1	3				0,100	-	
6	Medellín	10	72,15		1	3				0,100	-	
7	Montería	10	68,90		1	3				0,100	-	
8	Popayán	10	70,13		1	3				0,100	-	
9	Sincelejo	10	72,20		1	3				0,100	-	
10	Tunja	10	72,34		1	3				0,100	-	
11	Valledupar	10	71,96		1	3				0,100	-	
12	Villavicencio	10	68,99		1	3				0,100	-	
13	Dosquebradas	10	67,42		1	3				0,100	-	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.30** Análisis de la variable “Pago de impuestos 2013”, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Peso ponderado de los Inputs			Exceso de los Inputs			Conjunto referencia ( $\lambda_i$ )					
	VX(1) X1	VX(2) X2	VX(3) X3	X1 S-(1)	X2 S-(2)	X3 S-(3)						
1	-	1,000		1,036	-		Pereira	1,0000				
2	1,000	-		-	5,850		Bucaramanga	1,0000				
3	1,000	-		-	3,284		Ibagué	1,0000				
4	0,011	0,989		-	-		Armenia	0,0050	Dosquebradas	0,9950		
5	1,000	-		-	1,867		Ibagué	1,0000				
6	1,000	-		-	1,849		Bucaramanga	1,0000				
7	1,000	-		-	1,878		Ibagué	1,0000				
8	1,000	-		-	3,112		Ibagué	1,0000				
9	1,000	-		-	1,896		Bucaramanga	1,0000				
10	1,000	-		-	2,037		Bucaramanga	1,0000				
11	1,000	-		-	1,659		Bucaramanga	1,0000				
12	1,000	-		-	1,974		Ibagué	1,0000				
13	1,000	-		-	0,405		Ibagué	1,0000				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.31** Ciudades supereficientes según la variable “Pago de impuestos 2013”

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Ibagué	1,00598171502563
1	Armenia	1	2	Armenia	1,00164236698612
1	Villavicencio	1	3	Dosquebradas	1



1	Bogotá	1	3	Bogotá	1
1	Bucaramanga	1	3	Bucaramanga	1
1	Valledupar	1	3	Villavicencio	1
1	Tunja	1	3	Valledupar	1
1	Sincelejo	1	3	Tunja	1
1	Ibagué	1	3	Sincelejo	1
1	Manizales	1	3	Manizales	1
1	Medellín	1	3	Medellín	1
1	Montería	1	3	Montería	1
1	Popayán	1	3	Popayán	1

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.32** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los inputs)		
Rank	DMU	Score	Pagos	Tasa total	
1	Ibagué	1,00598171502563	0,60%	0,60%	
2	Armenia	1,00164236698612	-4,55%	0,16%	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.33** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs											Score	Rank
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11		
1	Armenia	8	12	13,2	12	64	85,7	11	18	2,6	28	67,22	1,076298	14
2	Barranquilla	9	17	14,9	9	114	144,6	13	18	4,0	22	72,21	1,003341	18
3	Bogotá	9	20	14,3	9	47	354,0	7	20	2,0	21	76,72	1,475728	1
4	Bucaramanga	9	38	18,9	14	119	86,1	13	21	2,5	16	70,95	1,10189	11
5	Ibagué	10	17	14,2	10	184	98,8	8	15	1,9	16	67,94	1,234546	4
6	Manizales	9	10	14,3	9	72	168,8	10	12	2,0	27	69,56	1,331549	3
7	Medellín	9	12	15,6	9	164	190,7	10	22	2,3	28	72,78	1	19
8	Montería	15	20	14,8	11	74	108,5	12	27	2,0	16	69,56	1,029806	16
9	Neiva	8	8	29,2	13	84	75,5	11	17	3,4	22	69,67	1,337283	2
10	Pasto	11	19	12,4	11	116	120,4	11	37	2,0	28	70,65	1,115049	9
11	Pereira	8	11	14,3	11	66	87,0	11	19	1,9	30	66,72	1,199498	5
12	Popayán	12	28	14,8	13	64	143,4	11	29	2,0	16	70,78	1,03742	15
13	Riohacha	12	32	14,6	11	80	101,9	9	26	2,0	21	71,09	1,085239	13
14	Santa Marta	9	10	14,7	9	75	133,5	11	17	2,7	22	72,76	1,096647	12
15	Sincelejo	12	18	14,4	11	81	102,5	11	15	2,0	16	67,17	1,15714	8
16	Tunja	16	30	14,6	13	91	76,9	10	20	1,9	16	72,96	1,172363	7
17	Valledupar	14	24	14,2	10	119	159,7	11	16	2,0	16	72,59	1,020933	17
18	Villavicencio	10	11	17,6	11	114	154,0	11	30	2,5	16	69,78	1,174191	6
19	Dosquebradas	12	37	15,0	10	65	120,0	12	20	1,9	16	68,12	1,102421	10

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.34** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Peso de los Inputs										
			V(1)	V(2)	V(3)	V(4)	V(5)	V(6)	V(7)	V(8)	V(9)	V(10)	V(11)
1	Armenia	14			0,064		0,001	0,000		0,005			
2	Barranquilla	18	0,033			0,019						0,004	0,006
3	Bogotá	1					0,010		0,078				
4	Bucaramanga	11	0,038				0,001	0,001				0,030	
5	Ibagué	4	0,000	0,008	0,005			0,001	0,074			0,007	
6	Manizales	3		0,016	0,002		0,000			0,066			
7	Medellín	19	0,074	0,000		0,037							

8	Montería	16		0,005		0,011	0,007	0,001				0,012	
9	Neiva	2		0,104				0,002					
10	Pasto	9			0,064		0,000				0,101		
11	Pereira	5		0,020			0,000	0,003			0,267		
12	Popayán	15	0,008	0,004			0,004	-				0,033	
13	Riohacha	13	0,004			0,005	0,002	0,001	0,071				
14	Santa Marta	12		0,015	0,003	0,039	0,001	0,001				0,010	
15	Sincelejo	8		0,003	0,002		0,002	0,001		0,024		0,020	
16	Tunja	7			0,004		0,001	0,006	0,018		0,044	0,008	
17	Valledupar	17				0,052	0,001			0,012		0,014	
18	Villavicencio	6		0,028	0,004		0,000					0,037	
19	Dosquebradas	10				0,018	0,007	0,001		0,004		0,009	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.35** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Peso ponderado de los Inputs										
			VX(1)	VX(2)	VX(3)	VX(4)	VX(5)	X(6)	VX(7)	X(8)	VX(9)	VX(10)	VX(11)
1	Armenia	14			0,847		0,038	0,033		0,083			
2	Barranquilla	18	0,300			0,175						0,086	0,440
3	Bogotá	1					0,456		0,544				
4	Bucaramanga	11	0,346				0,093	0,086				0,475	
5	Ibagué	4	0,002	0,137	0,064			0,097	0,591			0,109	
6	Manizales	3		0,165	0,031		0,012			0,793			
7	Medellín	19	0,667			0,333							
8	Montería	16		0,104		0,117	0,483	0,100				0,196	
9	Neiva	2		0,831				0,169					
10	Pasto	9			0,787		0,015				0,199		
11	Pereira	5		0,224			0,033	0,224			0,519		
12	Popayán	15	0,093	0,103			0,279					0,525	
13	Riohacha	13	0,048			0,054	0,133	0,123	0,641				
14	Santa Marta	12		0,150	0,051	0,349	0,044	0,193				0,214	
15	Sincelejo	8		0,053	0,029		0,161	0,073		0,360		0,325	
16	Tunja	7			0,057		0,071	0,485	0,176		0,085	0,127	
17	Valledupar	17				0,523	0,060			0,193		0,223	
18	Villavicencio	6		0,307	0,065		0,032					0,597	
19	Dosquebradas	10				0,179	0,486	0,107		0,078		0,150	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.36** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Exceso de los Inputs										
			S-(1)	S-(2)	S-(3)	S-(4)	S-(5)	S-(6)	S-(7)	S-(8)	S-(9)	S-(10)	S-(11)
1	Armenia	14	0,313	1,385		1,995			0,879		0,886	0,789	5,329
2	Barranquilla	18		6,846	0,288		36,255	10,863	2,184	1,374	1,422		
3	Bogotá	1	4,612	18,854	7,112	3,291		81,110		15,534	0,831	3,660	44,422
4	Bucaramanga	11		27,258	2,453	4,353			4,733	7,169	0,358		9,893
5	Ibagué	4				0,497	145,683			0,442	0,091		11,824
6	Manizales	3	2,055			0,859		125,669	2,752		0,080	17,016	23,573
7	Medellín	19			1,245		90,000	3,040		8,353	0,114	2,294	2,064
8	Montería	16	3,628		0,829				1,307	9,655	0,066		3,572
9	Neiva	2	2,397		24,573	6,988	43,616		3,710	4,337	2,398	1,834	24,625
10	Pasto	9	2,593	5,349		1,479		33,633	2,741	24,962		10,502	10,590
11	Pereira	5	0,513		3,475	2,077			2,635	6,649		11,421	12,352

12	Popayán	15			0,509	3,266		5,126	0,081	8,551	0,130		3,962
13	Riohacha	13		10,971	1,407					8,808	0,182	3,128	5,522
14	Santa Marta	12	0,588						1,835	3,955	0,777		10,582
15	Sincelejo	8	1,397			1,658			2,027		0,007		5,830
16	Tunja	7	9,317	8,914		2,746				4,663			16,389
17	Valledupar	17	3,329	2,735	0,018			56,110	1,289		0,047		6,064
18	Villavicencio	6	2,573			1,617		90,837	3,423	19,297	0,353		13,123
19	Dosquebradas	10	0,588	21,581	1,998				2,199		0,056		5,637

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.37** Análisis global de las ciudades colombianas 2010, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Conjunto Referencia ( $\lambda_i$ )												
1	Manizales	0,0398	Pasto	0,0433	Pereira	0,8850	Sincelejo	0,0319					
2	Ibagué	0,0301	Manizales	0,0508	Santa Marta	0,9191							
3	Armenia	0,3301	Manizales	0,6699									
4	Ibagué	0,4696	Neiva	0,2717	Sincelejo	0,2302	Villavicencio	0,0285					
5	Bogotá	0,1041	Manizales	0,1754	Neiva	0,2038	Riohacha	0,0159	Sincelejo	0,0009	Tunja	0,4998	
6	Ibagué	0,1456	Neiva	0,3123	Santa Marta	0,1770	Sincelejo	0,3651					
7	Barranquilla	0,1176	Bogotá	0,1176	Manizales	0,7647							
8	Armenia	0,0286	Popayán	0,1974	Santa Marta	0,0222	Sincelejo	0,7006	Dosquebradas	0,0511			
9	Pereira	0,6983	Santa Marta	0,3017									
10	Armenia	0,3933	Ibagué	0,4920	Valledupar	0,1147							
11	Armenia	0,5544	Ibagué	0,0889	Manizales	0,1738	Sincelejo	0,1829					
12	Bogotá	0,1197	Montería	0,2694	Sincelejo	0,0703	Dosquebradas	0,5405					
13	Armenia	0,0266	Bogotá	0,1081	Ibagué	0,0677	Pereira	0,2001	Tunja	0,5974			
14	Ibagué	0,0422	Manizales	0,6452	Neiva	0,1012	Pereira	0,0302	Sincelejo	0,0946	Villavicencio	0,0867	
15	Manizales	0,0624	Neiva	0,1488	Santa Marta	0,1559	Tunja	0,2809	Valledupar	0,3075	Dosquebradas	0,0446	
16	Armenia	0,0173	Bucaramanga	0,4989	Ibagué	0,0914	Neiva	0,0358	Pereira	0,1668	Sincelejo	0,1897	
17	Ibagué	0,4344	Santa Marta	0,0558	Sincelejo	0,2651	Dosquebradas	0,2447					
18	Ibagué	0,5024	Neiva	0,4327	Santa Marta	0,0318	Sincelejo	0,0331					
19	Armenia	0,0937	Bogotá	0,1029	Montería	0,4415	Popayán	0,0682	Sincelejo	0,2937			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.38** Clasificación global 2010 de ciudades supereficientes

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Bogotá	1,4757281553398
1	Armenia	1	2	Neiva	1,3372828999076
1	Barranquilla	1	3	Manizales	1,33154945173255
1	Bogotá	1	4	Ibagué	1,23454629063512
1	Bucaramanga	1	5	Pereira	1,19949781126142
1	Villavicencio	1	6	Villavicencio	1,17419134719531
1	Valledupar	1	7	Tunja	1,17236331765079
1	Tunja	1	8	Sincelejo	1,15713963403403
1	Ibagué	1	9	Pasto	1,11504943947286
1	Manizales	1	10	Dosquebradas	1,10242135924211
1	Medellín	1	11	Bucaramanga	1,10188987086242
1	Montería	1	12	Santa Marta	1,09664714848433
1	Neiva	1	13	Riohacha	1,08523893173267
1	Pasto	1	14	Armenia	1,07629778958904
1	Pereira	1	15	Popayán	1,03741965105602
1	Popayán	1	16	Montería	1,02980627830808
1	Riohacha	1	17	Valledupar	1,02093283202927

1	Santa Marta	1	18	Barranquilla	1,00334126057288
1	Sincelejo	1	19	Medellín	1

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.39** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes 2010

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los Inputs)										
			Apertura de un negocio			Obtención de permisos de construcción			Registro de propiedades			Pago de impuestos	
Rank	DMU	Score	Tramites	Tiempo	Costo	Tramites	Tiempo	Costo	Tramites	Tiempo	Costo	Pagos	Tasa total
1	Bogotá	1,4757281553398	-3,67%	-46,70%	-2,30%	11,00%	47,57%	-60,08%	47,57%	-30,10%	6,92%	30,14%	-10,33%
2	Neiva	1,3372828999076	3,77%	33,73%	-50,54%	-20,03%	-18,20%	33,73%	0,00%	8,21%	-36,56%	25,39%	-1,62%
3	Manizales	1,33154945173255	10,32%	33,15%	33,15%	23,61%	33,15%	-41,31%	5,63%	33,15%	29,07%	-29,87%	-0,73%
4	Ibagué	1,23454629063512	23,45%	23,45%	23,45%	18,48%	-55,72%	23,45%	23,45%	20,51%	18,65%	23,45%	6,05%
5	Pereira	1,19949781126142	13,54%	19,95%	-4,32%	1,07%	19,95%	19,95%	-4,00%	-15,04%	19,95%	-18,12%	1,44%
6	Villavicencio	1,17419134719531	-8,31%	17,42%	17,42%	2,72%	17,42%	-41,57%	-13,70%	-46,90%	3,28%	17,42%	-1,39%
7	Tunja	1,17236331765079	-41,00%	-12,48%	17,24%	-3,89%	17,24%	17,24%	17,24%	-6,08%	17,24%	17,24%	-5,23%
8	Sincelejo	1,15713963403403	4,07%	15,71%	15,71%	0,64%	15,71%	15,71%	-2,71%	15,71%	15,38%	15,71%	7,03%
9	Pasto	1,11504943947286	-12,07%	-16,65%	11,50%	-1,94%	11,50%	-16,43%	-13,42%	-55,96%	11,50%	-26,00%	-3,48%
10	Dosquebradas	1,10242135924211	5,34%	-48,08%	-3,12%	10,24%	10,24%	10,24%	-8,09%	10,24%	7,36%	10,24%	1,97%
11	Bucaramanga	1,10188987086242	10,19%	-61,54%	-2,78%	-20,90%	10,19%	10,19%	-26,22%	-23,95%	-4,41%	10,19%	-3,75%
12	Santa Marta	1,09664714848433	3,13%	9,66%	9,66%	9,66%	9,66%	9,66%	-7,02%	-13,60%	-19,38%	9,66%	-4,88%
13	Riohacha	1,08523893173267	8,52%	-25,76%	-1,11%	8,52%	8,52%	8,52%	8,52%	-25,35%	-0,66%	-6,37%	0,76%
14	Armenia	1,07629778958904	3,72%	-3,92%	7,63%	-9,00%	7,63%	7,63%	-0,36%	7,63%	-26,03%	4,81%	-0,30%
15	Popayán	1,03741965105602	3,74%	3,74%	0,29%	-21,38%	3,74%	0,17%	3,01%	-25,74%	-2,68%	3,74%	-1,85%
16	Montería	1,02980627830808	-21,21%	2,98%	-2,61%	2,98%	2,98%	2,98%	-7,91%	-32,78%	-0,25%	2,98%	-2,15%
17	Valledupar	1,02093283202927	-21,69%	-9,30%	1,97%	2,09%	2,09%	-33,05%	-9,62%	2,09%	-0,28%	2,09%	-6,26%
18	Barranquilla	1,00334126057288	0,33%	-39,94%	-1,61%	0,33%	-31,47%	-7,18%	-16,47%	-7,30%	-35,00%	0,33%	0,33%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.40** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA Super CCR-I

No.	DMU	Inputs											Score	Rank
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11		
1	Armenia	9	10	6,7	10	62	79,1	11	18	2,6	22	66,53	1,232818	4
2	Bogotá	10	16	7,6	8	46	312,0	7	15	2,0	10	76,15	1,258457	2
3	Bucaramanga	9	11	12,0	11	101	80,7	13	21	2,4	10	70,30	1,137063	6
4	Cali	9	11	7,8	10	95	135,1	13	32	2,1	22	71,89	1,040177	13
5	Cartagena	9	14	7,6	8	78	296,3	12	33	2,6	16	71,88	1,007677	15
6	Ibagué	10	11	7,6	9	138	92,4	8	15	1,9	10	67,02	1,249451	3
7	Manizales	10	12	7,6	8	39	156,9	9	11	1,9	10	68,89	1,437938	1
8	Medellín	10	11	8,7	8	119	175,9	10	22	2,2	10	72,15	1,048387	12
9	Montería	15	18	9,2	9	71	96,7	12	27	2,0	10	68,90	1,070764	10
10	Neiva	9	10	22,6	13	84	75,7	11	17	3,4	16	67,89	1,074966	7
11	Pereira	9	11	7,7	8	63	104,2	11	19	2,4	21	66,64	1,071885	8
12	Popayán	14	22	7,9	11	62	124,1	11	29	2,0	10	70,13	1	17
13	Riohacha	13	22	7,8	11	80	83,9	9	26	1,9	15	70,56	1,065972	11
14	Santa Marta	9	11	7,6	8	74	121,7	11	17	2,4	16	72,14	1,035105	14
15	Sincelejo	11	18	7,6	13	83	119,2	13	17	2,0	10	72,20	1,002587	16
16	Tunja	17	34	7,8	11	89	68,2	10	20	1,9	10	72,34	1,226096	5
17	Valledupar	17	23	7,8	9	118	136,8	9	13	1,9	10	71,96	1	17
18	Villavicencio	11	13	10,9	10	113	139,0	10	29	2,3	10	68,99	1	17
19	Dosquebradas	14	40	8,0	8	63	110,4	11	19	2,4	10	67,42	1,070881	9

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.41** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Peso de los Inputs										
			V(1)	V(2)	V(3)	V(4)	V(5)	V(6)	V(7)	V(8)	V(9)	V(10)	V(11)
1	Armenia	4		0,0118	0,0301		0,0012	0,0076					
2	Bogotá	2					0,0014		0,1340				
3	Bucaramanga	6	0,0242	0,0004			0,0020	0,0032				0,0314	
4	Cali	13	0,0782								0,1392		
5	Cartagena	15	0,0077		0,0825	0,0385							
6	Ibagué	3		0,0143	0,0054			0,0028	0,0517			0,0126	
7	Manizales	1					0,0043	0,0011		0,0604			
8	Medellín	12		0,0484		0,0484						0,0081	
9	Montería	10		0,0032		0,0407	0,0017	0,0031			0,0284	0,0102	
10	Neiva	7		0,0050				0,0079		0,0154		0,0054	
11	Pereira	8		0,0019		0,0695	0,0026	0,0025					
12	Popayán	17						0,0000			0,0000	0,1000	
13	Riohacha	11		0,0014			0,0022	0,0023	0,0665				
14	Santa Marta	14	0,0709	0,0088	0,0119	0,0070				0,0006		0,0068	
15	Sincelejo	16	0,0193		0,0245		0,0016	0,0025				0,0165	
16	Tunja	5			0,0250			0,0096				0,0152	
17	Valledupar	17										0,1000	
18	Villavicencio	17		0,0000								0,1000	0,0000
19	Dosquebradas	9				0,0917	0,0001	0,0016				0,0087	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.42** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Peso ponderado de los Inputs										
			VX(1)	VX(2)	VX(3)	VX(4)	VX(5)	X(6)	VX(7)	X(8)	VX(9)	VX(10)	VX(11)
1	Armenia	4		0,118	0,202		0,077	0,603					
2	Bogotá	2					0,062		0,938				
3	Bucaramanga	6	0,217	0,004			0,207	0,258				0,314	
4	Cali	13	0,704								0,296		
5	Cartagena	15	0,069		0,623	0,308							
6	Ibagué	3		0,158	0,041			0,262	0,414			0,126	
7	Manizales	1					0,167	0,168		0,664			
8	Medellín	12		0,532		0,387						0,081	
9	Montería	10		0,058		0,366	0,117	0,301			0,057	0,102	
10	Neiva	7		0,050				0,601		0,263		0,086	
11	Pereira	8		0,021		0,556	0,162	0,260					
12	Popayán	17										1,000	
13	Riohacha	11		0,030			0,176	0,195	0,599				
14	Santa Marta	14	0,638	0,097	0,091	0,056				0,010		0,108	
15	Sincelejo	16	0,213		0,186		0,137	0,299				0,165	
16	Tunja	5			0,195			0,653				0,152	
17	Valledupar	17										1,000	
18	Villavicencio	17										1,000	
19	Dosquebradas	9				0,733	0,006	0,174				0,087	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.43** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	DMU	Rank	Exceso de los Inputs										
			S-(1)	S-(2)	S-(3)	S-(4)	S-(5)	S-(6)	S-(7)	S-(8)	S-(9)	S-(10)	S-(11)
1	Armenia	4	1,531			3,466			2,766	2,390	0,895	9,273	14,363
2	Bogotá	2	2,585	8,326	1,905	1,877		248,000		7,114	0,654	2,585	27,305
3	Bucaramanga	6			2,628	1,996			5,237	7,654	0,525		11,823
4	Cali	13		0,442	0,443	2,040	8,698	40,570	3,607	15,732		5,861	8,008
5	Cartagena	15		2,793			6,902	165,075	1,369	16,361	0,255	0,353	0,194
6	Ibagué	3	2,153			1,534	108,477			1,690	0,169		14,493
7	Manizales	1	4,214	2,682	3,641	2,797			4,529		0,494	0,557	26,257
8	Medellín	12	0,565		1,526		44,613	55,270	1,710	10,032	0,447		7,217
9	Montería	10	4,530		0,684				2,014	11,285			4,028
10	Neiva	7	0,401		16,192	3,878	7,263		0,829		1,207		5,405
11	Pereira	8	0,399		0,822				0,942	3,462	0,152	5,444	1,311
12	Popayán	17											0,374
13	Riohacha	11	0,201		0,676	1,716				10,405	0,102	4,641	5,051
14	Santa Marta	14					10,562	1,949	0,912		0,265		6,960
15	Sincelejo	16		3,172		4,205			4,235	3,183	0,098		3,678
16	Tunja	5	9,916	25,713		2,724	13,239		1,662	1,971	0,201		18,665
17	Valledupar	17	6,932	10,989	0,169	0,534	32,464	10,715	0,432				3,971
18	Villavicencio	17	1,001		2,487	1,437	58,098		0,258	15,747	0,323		
19	Dosquebradas	9	2,737	28,197	0,172				1,212	0,673	0,588		3,100

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.44** Análisis global de las ciudades colombianas 2013, DEA Super CCR-I (continuación)

No.	Conjunto Referencia ( $\lambda_i$ )											
1	Bucaramanga	0,140	Ibagué	0,081	Pereira	0,659	Riohacha	0,121				
2	Ibagué	0,191	Manizales	0,809								
3	Ibagué	0,579	Montería	0,031	Neiva	0,228	Sincelejo	0,137	Tunja	0,024		
4	Ibagué	0,362	Pereira	0,638								
5	Armenia	0,031	Bogotá	0,069	Santa Marta	0,900						
6	Armenia	0,078	Bucaramanga	0,173	Manizales	0,453	Neiva	0,074	Riohacha	0,222		
7	Armenia	0,319	Bogotá	0,612	Valledupar	0,069						
8	Ibagué	0,387	Manizales	0,532	Santa Marta	0,081						
9	Bucaramanga	0,325	Ibagué	0,021	Manizales	0,269	Pereira	0,064	Tunja	0,213	Dosquebradas	0,107
10	Armenia	0,600	Bucaramanga	0,233	Ibagué	0,152	Tunja	0,015				
11	Armenia	0,288	Manizales	0,075	Santa Marta	0,602	Dosquebradas	0,035				
12	Bogotá	0,012	Manizales	0,367	Montería	0,125	Sincelejo	0,175	Tunja	0,136	Dosquebradas	0,184
13	Armenia	0,112	Ibagué	0,169	Manizales	0,180	Tunja	0,538				
14	Armenia	0,005	Bucaramanga	0,065	Cartagena	0,050	Ibagué	0,075	Manizales	0,241	Pereira	0,564
15	Armenia	0,002	Bucaramanga	0,004	Ibagué	0,369	Manizales	0,477	Tunja	0,148		
16	Bucaramanga	0,429	Ibagué	0,118	Riohacha	0,452						
17	Ibagué	0,466	Manizales	0,517	Dosquebradas	0,017						
18	Bucaramanga	0,174	Ibagué	0,041	Manizales	0,741	Dosquebradas	0,043				
19	Ibagué	0,092	Manizales	0,315	Montería	0,475	Santa Marta	0,118				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.45** Clasificación global 2013 de ciudades supereficientes

DEA CCR-I			DEA SUPER CCR-I		
Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	Dosquebradas	1	1	Manizales	1,43793789179261
1	Armenia	1	2	Bogotá	1,25845737483085
1	Villavicencio	1	3	Ibagué	1,24945144690457
1	Bogotá	1	4	Armenia	1,23281789003383
1	Bucaramanga	1	5	Tunja	1,22609589979684
1	Cali	1	6	Bucaramanga	1,1370628905006
1	Cartagena	1	7	Neiva	1,07496568308105
1	Valledupar	1	8	Pereira	1,07188546601651
1	Ibagué	1	9	Dosquebradas	1,07088074199433
1	Manizales	1	10	Montería	1,07076438687145
1	Medellín	1	11	Riohacha	1,06597164448013
1	Montería	1	12	Medellín	1,04838709677419
1	Neiva	1	13	Cali	1,04017663372254
1	Tunja	1	14	Santa Marta	1,03510545153359
1	Pereira	1	15	Cartagena	1,00767725202428
1	Popayán	1	16	Sincelejo	1,00258689288053
1	Riohacha	1	17	Popayán	1
1	Santa Marta	1	17	Villavicencio	1
1	Sincelejo	1	17	Valledupar	1

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 7.46** Proyección (cambio) de los inputs para las DMU Supereficientes 2013

DEA SUPER CCR-I			Proyección DMU (cambio en los Inputs)										
			Apertura de un negocio			Obtención de permisos de construcción			Registro de propiedades			Pago de impuestos	
Rank	DMU	Score	Tramites	Tiempo	Costo	Tramites	Tiempo	Costo	Tramites	Tiempo	Costo	Pagos	Tasa total
1	Manizales	1,43793789179261	1,66%	21,44%	-4,07%	8,83%	43,79%	43,79%	-6,53%	43,79%	17,21%	38,23%	5,68%
2	Bogotá	1,25845737483085	0,00%	-26,19%	0,63%	2,38%	25,85%	-53,64%	25,85%	-21,58%	-6,91%	0,00%	-10,01%
3	Ibagué	1,24945144690457	3,41%	24,95%	24,95%	7,90%	-53,66%	24,95%	24,95%	13,68%	15,83%	24,95%	3,32%
4	Armenia	1,23281789003383	6,27%	23,28%	23,28%	-11,38%	23,28%	23,28%	-1,87%	10,00%	-11,14%	-18,87%	1,69%
5	Tunja	1,22609589979684	-35,72%	-53,02%	22,61%	-2,15%	7,73%	22,61%	5,99%	12,75%	12,08%	22,61%	-3,19%
6	Bucaramanga	1,1370628905006	13,71%	13,71%	-8,12%	-4,44%	13,71%	13,71%	-26,58%	-22,74%	-8,00%	13,71%	-3,11%
7	Neiva	1,07496568308105	3,04%	7,50%	-64,16%	-22,33%	-1,15%	7,50%	-0,04%	7,50%	-28,15%	7,50%	-0,47%
8	Pereira	1,07188546601651	2,76%	7,19%	-3,55%	7,19%	7,19%	7,19%	-1,37%	-11,03%	0,90%	-18,74%	5,22%
9	Dosquebradas	1,07088074199433	-12,46%	-63,41%	4,92%	7,09%	7,09%	7,09%	-3,93%	3,55%	-17,30%	7,09%	2,49%
10	Montería	1,07076438687145	-23,12%	7,08%	-0,38%	7,08%	7,08%	7,08%	-9,71%	-34,72%	7,08%	7,08%	1,23%
11	Riohacha	1,06597164448013	5,05%	6,60%	-2,10%	-9,01%	6,60%	6,60%	6,60%	-33,42%	1,33%	-24,34%	-0,56%
12	Medellín	1,04838709677419	-0,81%	4,84%	-12,71%	4,84%	-32,65%	-26,59%	-12,26%	-40,76%	-15,09%	4,84%	-5,16%
13	Cali	1,04017663372254	4,02%	0,00%	-1,69%	-16,38%	-5,14%	-26,01%	-23,73%	-45,14%	4,02%	-22,62%	-7,12%
14	Santa Marta	1,03510545153359	3,51%	3,51%	3,51%	3,51%	-10,76%	1,91%	-4,78%	3,51%	-7,38%	3,51%	-6,14%
15	Cartagena	1,00767725202428	0,77%	-19,18%	0,77%	0,77%	-8,08%	-54,94%	-10,64%	-48,81%	-8,88%	-1,44%	0,50%
16	Sincedejo	1,00258689288053	0,26%	-17,37%	0,26%	-32,09%	0,26%	0,26%	-32,32%	-18,47%	-4,75%	0,26%	-4,84%

Fuente: Elaboración propia